

Uso da Detecção Remota na Caracterização da Paisagem do Município de Humpata, Angola

Pedro Duarte Domingos Gabriel

**Dissertação de Mestrado em Ordenamento do Território e Sistemas de
Informação Geográfica**

Março, 2015

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ordenamento do Território e Sistemas de Informação Geográfica, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor José António Tenedório e da Professora Doutora Rossana Estanqueiro

Aos meus pais Daniel Gabriel e Teresa Nangombe Daniel.

Aos meus irmãos Amós, Benjamim, Avelina, Henriques, Elizabeth, Ivanilde, Joaquim, Cleide e Yuraine.

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai todo-poderoso agradeço pela força e bênçãos que me tem concedido.

Aos meus orientadores Professor Doutor José António Tenedório e Professora Doutora Rossana Estanqueiro, o meu especial agradecimento pela disponibilidade, atenção dispensada, orientação e acompanhamento durante todo o processo.

Aos Professores do Departamento de Geografia e Planeamento Regional (FCSH-UNL) muito obrigado pela atenção e colaboração, em especial ao Professor Rui Pedro Julião pela sua prontidão.

À Dr.^a Isabel da Mapoteca FCSH obrigado pelos conselhos e pela disponibilidade.

Ao Professor e amigo António Valter Chissingui muito obrigado pela ajuda científica e conselhos dados.

Aos meus amigos Hervé, Paula Páscoa, Carla Rasga, Daniel, Walter, Alzer “Mano Zé”, Santos, Mitó, Sócrates, Leonardo, Aristide, Pompeu, Denilson, Loy, Lino, Omar, Osvaldo, Aldair, João Pedro, Bruno, Adilson, Nelson, Pedro, Evanice, Keta, Alcino, Júlio, Vambili e aos Drs. Rasga, Carlos Pinto e José da Silva “Tozé” pelo incentivo e encorajamento.

À minha querida namorada o meu agradecimento sincero por fazer de mim um homem renovado e capaz de atingir os meus objectivos.

Aos meus colegas de trabalho, à Direcção da Escola Secundária da Chibia, à Direcção Municipal de Educação da Chibia, sem esquecer a Administração Municipal de Humpata.

Aos meus familiares irmãos, sobrinhos, cunhadas, cunhado, avós e tios pelo apoio e força dada durante este período de formação.

Agradeço também a todos que, directa ou indirectamente, me tenham apoiado para que este processo chegasse ao fim.

Nenhuma influência é tão poderosa quanto aquela de um pai e de uma mãe. O meu muito obrigado aos meus Pais Daniel Gabriel e Teresa Nangombe Daniel por me terem dado uma boa educação e por todo o apoio.

O meu muito obrigado

RESUMO

Uso da Detecção Remota na Caracterização da Paisagem do Município da Humpata, Angola

O desenvolvimento da tecnologia em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) bem como da Detecção Remota como ciências técnicas apresentam grande valor aplicacional no Ordenamento do Território e, de forma particular, o uso de certas ferramentas analíticas permitem analisar as alterações ou mudanças que ocorrem na paisagem.

A presente dissertação tem como objectivo principal caracterizar e avaliar a Paisagem no município de Humpata, Angola. A análise da paisagem desenvolveu-se a partir de uma abordagem metodológica, centrada em duas componentes fundamentais: a estrutura e as funções da paisagem. Para a referida análise, recorreu-se a quantificação de alguns índices referente a métricas de **área, forma, agregação e diversidade** ao nível da «mancha», «classe» e da «paisagem» em quatro quadrantes (Noroeste, Nordeste, Sudeste e Sudoeste) referentes à área de estudo.

Da análise dos resultados, e tendo em conta os objectivos propostos, podemos compreender como as manchas variam nas distintas classes discriminadas na carta de ocupação do solo entre os quadrantes acima referenciados, ao nível da «mancha», «classe» e da «paisagem». A abordagem aplicacional suportou a análise comparada do padrão espacial paisagem considerando as diferenças existentes entre a área da paisagem, forma da paisagem, número de manchas, distâncias entre manchas, de entre outras.

Os resultados permitiram avaliar a diversidade e heterogeneidade da paisagem tendo em conta a dominância de classes de ocupação do solo no município de Humpata (2013).

Palavras-Chave: *Detecção Remota, Ecologia da Paisagem, Métricas de Paisagem, Ocupação do Solo, Paisagem.*

ABSTRACT

Use of Remote Sensing in County Landscape Characterization of Humpata, Angola

The development of technology in Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing as technical sciences have high application value in the Territory and in particular, the use of certain analytical tools allow you to review alterations or changes that occur in the landscape.

The present dissertation has as main objective to characterize and evaluate the landscape in the municipality of Humpata, Angola. The landscape analysis was developed from a methodological approach, focused on two essential components: the structure and landscape functions. For this analysis, we used the quantification of some indices related area metrics, shape, aggregation and diversity at the level of «patch», «class» and «landscape» in four quadrants (Northwest, Northeast, Southeast and Southwest) for the study area.

Analyzing the results, and taking into account the proposed objectives, we can understand how the patches vary in different classes discriminated against in land cover letter between the quadrants referenced above, the level of «patch», «class» and «landscape». The applicational approach endured the compared analysis of landscape spatial pattern considering the differences between the area of landscape, landscape shape, number of patches, distances between patches, among others.

The results allowed us to evaluate the diversity and heterogeneity of the landscape given the dominance of land cover classes in the municipality of Humpata (2013).

Keywords: *Remote Sensing, Landscape Ecology, Landscape Metrics, Land Use, Landscape*

Índice

| | |
|--|------------|
| AGRADECIMENTOS | iii |
| RESUMO | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| Introdução..... | 1 |
| Capítulo I – Contextualização teórica | 4 |
| 1. Síntese do estado da arte | 7 |
| 2. Problema, objectivo e metodologia | 10 |
| Capítulo II – Contexto geográfico de Humpata | 12 |
| 1. Situação geográfica | 13 |
| 2. Clima | 13 |
| 3. Geologia | 15 |
| 4. Geomorfologia | 16 |
| 5. Hidrografia..... | 17 |
| 6. Pedologia..... | 19 |
| 7. Vegetação | 20 |
| 8. Síntese orientada para análise biofísica de Humpata | 28 |
| Capítulo III – Metodologia de análise da paisagem | 33 |
| 1. Estrutura da paisagem | 33 |
| 2. Funções da paisagem | 34 |
| 3. Metodologia de análise | 34 |
| 3.1 Natureza dos dados | 34 |
| 3.2 Seccionamento do município em quadrante | 36 |
| 3.3 Cálculo das métricas de paisagem em <i>Fragstats</i> | 38 |
| 4. Métricas de análise da paisagem | 39 |
| 4.1 Métricas para a análise do padrão espacial: «Paisagem» | 39 |

| | |
|---|-----|
| 4.2 Métricas para a análise do padrão espacial: «Classes» | 45 |
| 4.3 Métricas para a análise do padrão espacial: «Manchas» | 55 |
| Capítulo IV – Análise de resultados: interpretação ecológica da paisagem | 58 |
| 1. Análise do padrão espacial: «Paisagem» | 58 |
| 2. Análise do padrão espacial: «Classes» | 60 |
| 3. Análise do padrão espacial: «Manchas» | 66 |
| Capítulo V – Discussão e Conclusões | 69 |
| Referências bibliográficas | 72 |
| Índice de figuras | 76 |
| Índice de tabelas | 77 |
| ANEXOS | 78 |
| Anexo I – Fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Paisagem» e suas respectivas fórmulas de cálculos | 78 |
| Anexo II – Fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Classe» e suas respectivas fórmulas de cálculos. | 86 |
| Anexo III – Fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Mancha» e suas respectivas fórmulas de cálculos. | 100 |

Introdução

A paisagem pode ser entendida como uma realidade biofísica, onde os recursos e os processos naturais apresentam-se como elementos primordiais do território. O estudo da paisagem apresenta algumas dificuldades que se prendem, na sua essência, com a complexidade e a dinâmica do conjunto de factores que interagem na sua construção. Desta forma, a paisagem é resultante de um conjunto diversificado de factores biofísicos, culturais, económicos e políticos, que interagem e se condicionam permanentemente, ao longo do tempo.

A motivação para a realização deste trabalho justifica-se pelo facto das paisagens serem entidades em mudança permanente devido à influência de certos factores, que vão desde os de natureza biológica, da acção exercida pelos elementos naturais e ainda pelos impactes das actividades económicas, exigindo um acompanhamento e análise das alterações e permanências das mesmas; bem pela carência de informação e publicação de trabalhos relacionados à temática em questão ao nível do município de Humpata esperando-se, assim, dar um contributo teórico e prático no quadro da administração municipal.

Esta dissertação aborda o uso da detecção remota aplicada à caracterização da paisagem (município de Humpata), fazendo um retrato analítico-descritivo da paisagem em Humpata, com base no cálculo de métricas de paisagem com o *Fragstats* sobre uma carta de ocupação do solo. Neste contexto, esta abordagem aplicacional deverá ser entendida como um contributo em matéria de ordenamento e gestão territorial de âmbito municipal suportado no reconhecimento e análise do arranjo espacial com enfoque na caracterização quantificada da mudança.

O presente trabalho alia teoria à prática integrando cinco capítulos, de acordo com o seguinte esquema (Figura 1):

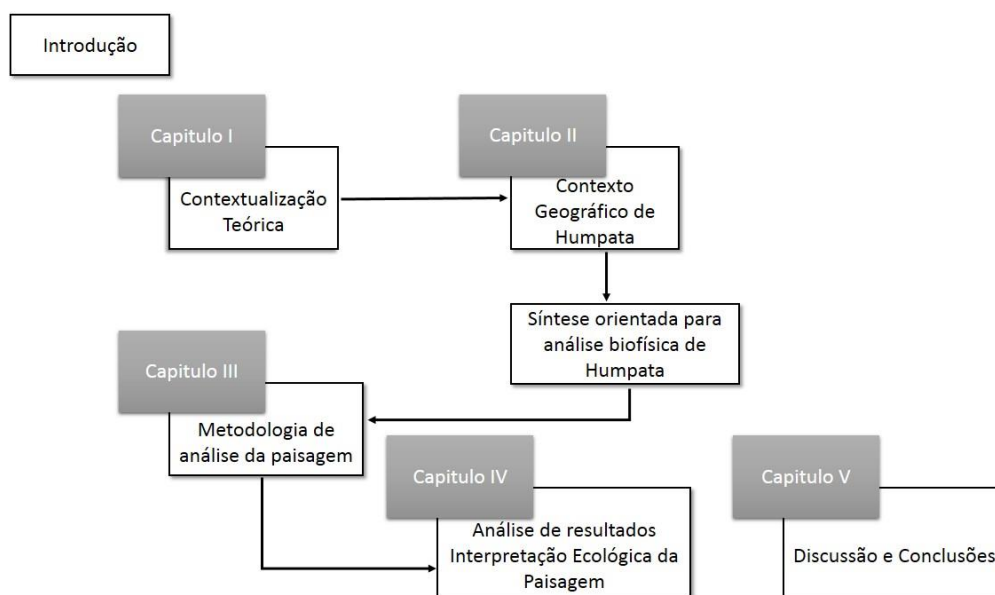


Figura 1 – Esquema síntese da estrutura da dissertação.

O primeiro capítulo propõe-se a contextualizar teoricamente a temática, a partir da abordagem aos conceitos de paisagem e ecologia da paisagem com base em diferentes autores, e trabalhos já realizados concernentes à ecologia da paisagem, procedendo-se ainda à apresentação do problema, definição dos objectivos a atingir com o presente estudo e a respectiva metodologia.

O segundo capítulo incide sobre a contextualização geográfica da área de estudo (município de Humpata) procurando-se fazer a caracterização da área de estudo, com apresentação da situação geográfica, bem como a síntese orientada para análise biofísica do município de Humpata (acompanhada de uma representação gráfica).

O terceiro capítulo é orientado para a metodologia de análise da paisagem, a partir de uma abordagem prévia aos aspectos relacionados com a estrutura e função da paisagem, seguida de apresentação da metodologia de análise, a natureza dos dados e das métricas para a análise do padrão espacial ao nível da paisagem, da classe e da mancha, mediante cálculos das métricas de paisagem com o *software Fragstats*.

O quarto capítulo dirige-se para a análise dos resultados no contexto espacial referente a “paisagem”, “classe” e “mancha”.

E, por último, o quinto capítulo dedica-se à discussão final e conclusões retidas ao longo do desenvolvimento da abordagem aplicacional.

Capítulo I – Contextualização teórica

O conceito de paisagem surgiu na Holanda no século XVI, só se generalizando na linguagem corrente a partir do século XVIII. Etimologicamente, paisagem deriva do latim *pagensis*, aquele que vive no campo e do francês *pays*, um território rural concreto.

Segundo Bermingham (1994), citado por Fadigas (2011:123), o surgimento do conceito de paisagem corresponde a uma nova forma de observar e compreender o mundo e o seu funcionamento. O conceito renascentista de paisagem expressa uma realidade territorial que corresponde ao reconhecimento da existência de um mundo de diferentes expressões, para além daquele que se habita, ou seja, o território passou a fazer parte da realidade social e cultural do Renascimento e da forma de ela se representar a si própria.

Para Magalhães (2001), citado por Fadigas (2011:123), actualmente a palavra paisagem é, em linguagem corrente, utilizada de um modo amplo, ultrapassando o âmbito da descrição da natureza e dos espaços habitados. Paisagem é um conceito que evoluiu no tempo, de acordo com o modo como se foi consolidando a ideia de território e da sua representação. No século XIX, a noção de paisagem encerra em si a dicotomia entre a cidade e o campo, entre a vida inóspita e artificial das cidades por contraponto às vivências em “espaços naturais”.

Com o progresso do conhecimento científico nos domínios da ecologia, das relações entre seres vivos e o meio, e do papel do homem na transformação do território, o conceito de paisagem incorporou uma componente ecossistémica. A relação de paisagem com os ecossistemas deu origem a que fosse entendida como “a figuração da biosfera”, resultante da “acção complexa dos homens e todos os seres vivos – plantas e animais – em equilíbrio com os factores físicos do ambiente”, na acepção de Caldeira Cabral (1973) citado por Fadigas (2011:123) e, definida ainda por Gonzalez Bernáldez (1981) como “a percepção sensorial do ecossistema subjacente”.

O significado de paisagem de acordo com o Grande Dicionário da Língua Portuguesa (1989:295), remete para a “extensão de território que se abrange de um só lance de vista, e que se considera pelo seu valor artístico, pelo seu pitoresco”. Esta definição

aproxima-se da que consta no *Dicionário de la Lengua Española* da Real Academia Española (1947:928) “porção de terreno considerada no seu aspecto artístico”. A Convenção Europeia da Paisagem (2000)¹ descreve-a como “uma parte do território, tal como é apreendida pelas populações, cujo carácter resulta da acção e da interacção de factores naturais e ou humanos”.

Assim sendo, segundo Fadigas (2011:124), *“a paisagem para além de apresentar uma realidade geográfica, resultante da acção do homem e reacção da natureza, é um conceito e uma realidade que só existe quando há alguém para a ver e interpretar. Ela pode ser entendida como um elemento cultural que resulta da contemplação que se exerce sobre a realidade física e geográfica e não essa realidade em si mesmo. O que reforça a importância da acção humana na definição das paisagens como unidades que dão expressão ao território. O território não é, por isso, uma paisagem mas sim o seu suporte material. Uma condição sem a qual a paisagem não existe; mas que existe para além dela. A paisagem assume-se como uma categoria cultural resultante de uma interpretação humana. Podemos assim dizer que só há paisagem a partir do momento em que existe presença humana no território. Sem presença humana não existe paisagem. Existe apenas um território com coberto vegetal, fauna, e acidentes geológicos e geográficos”*.

Segundo Magalhães *et al.* (2007:25), a abordagem dualista com que o território tem sido encarado tem transformado a Cidade e o Campo em duas faces opostas e desconhecidas. Esta dicotomia é relevada pelas decisões políticas que, cada vez mais, assentam em perspectivas de curto prazo, ignorando que os fenómenos que nos regem estão sujeitos a outros ritmos temporais e a leis físicas e biológicas, insusceptíveis de serem revogados por decreto.

Segundo os mesmos autores a necessidade amplamente sentida de defender uma nova qualidade de vida, sobretudo nas periferias urbanas degradadas e num campo votado à inutilidade social, passa por eliminar as rupturas entre a cidade e o campo. No que respeita ao âmbito deste trabalho, estas rupturas manifestam-se também ao nível

¹ Decreto nº 4/2005. Convenção Europeia da Paisagem, realizada em Florença em 20 de Outubro de 2000. <http://www.gddc.pt/siii/docs/dec4-2005.pdf> (acedido em 23.02.2015).

ecológico e espacial, refletindo-se na paisagem sob a forma de violentos seccionamentos e degradação das suas estruturas fundamentais, com a consequente delapidação de recursos insubstituíveis, provocada pela implantação caótica das actividades.

Na perspectiva da intervenção na paisagem, o conceito de paisagem global tem sido defendido por Telles (1994) citado por Magalhães *et al.* (2007:25), referindo que “O espaço rural e o espaço urbano devem-se interligar de tal maneira que, sem que percam as suas características próprias e funcionamento autónomo, não deixem de servir os interesses comuns da sociedade, que digam respeito ao mundo rural, quer à vida urbana (...). Para isso, há que restabelecer o *continuum naturale* no espaço urbano e no rural, como elo entre as respectivas paisagens, permitindo a aproximação dos dois modos de vida e das pessoas. A paisagem global do futuro não poderá deixar de estar sujeita a princípios impostos pela sua essência biológica, pelo que a localização das actividades, nomeadamente da expansão urbana, tem que estar sujeita à aptidão do território e à paisagem existente”.

No conceito de paisagem global, a paisagem é vista globalmente, tendo desaparecido a dicotomia entre espaço urbano e espaço rural. A edificação e as actividades que exigem a utilização de materiais vivos, dependentes de determinado contexto ecológico (que só em certa medida pode ser artificializado), devem distribuir-se no território, em função, antes de quaisquer outros, dos pressupostos da aptidão ecológica e da capacidade ambiental. Só depois destes, devem ser consideradas as necessidades e as disponibilidades humanas.

Porto (2012:1), baseando-se na perspectiva de vários autores (Farina 1997; Forman e Godron 1986; Naveh e Lieberman 1994; Zonnoveld 1990), afirma que “a paisagem é considerada por vários autores como um sistema complexo, dinâmico, onde vários factores naturais e culturais se influenciam mutuamente e se modificam ao longo do tempo, determinando e sendo determinados pela estrutura global”.

Neves *et al.* (2001), citado por Porto (2012:2), “refere que podem efetuar-se estudos utilizando os indicadores de paisagem conjuntamente com a deteção remota e os Sistemas de Identificação Geográfica (SIG). Os SIG e os indicadores de Paisagem estão a

ser incorporados na gestão e planeamento de áreas protegidas como ferramenta de suporte e decisão”.

1. Síntese do estado da arte

As questões ambientais, de um modo geral, transpõem as áreas de actuação de várias ciências, visto que a compreensão das relações existente entre o meio-ambiente e a sua dinâmica requer uma visão integrada de ambos os aspectos físicos e ecológicos de sistemas naturais e de suas interações com os factores socioeconómicos e políticos.

O termo paisagem dentro do conceito geográfico – científico foi introduzido no início do século XIX por Alexander Von Humbolt conhecido como pioneiro da geografia física e geobotânica (Naveh; Lieberman, 1989). Com a necessidade de conhecer as inter-relações entre os componentes da paisagem, Humboldt tinha como preocupação principal as características físicas do meio-ambiente, sem por em parte os aspectos humanos.

Numa visão assente na Historia, o termo paisagem tem sido usado por alguns historiadores para referir a uma relativa e extensa área de terra. Estas poderiam ser: campos onde ocorreram batalhas, onde foi cultivado alimento, estabelecidos os assentamentos coloniais, onde os arquitetos construíram monumentos, ou por meio do qual as pessoas mudaram.

Para a Geografia, em que a paisagem tem um papel central e pode ser considerado como unidade fundamental de estudo, é de particular importância na tentativa de delinear um conceito claro, cientificamente útil da paisagem. As definições em Geografia (Mikesell, 1968; Grossman, 1977; Luder, 1981) centraram-se essencialmente na relação dinâmica entre acidentes geográficos naturais ou regiões fisiográficas e os grupos culturais humanos.

Carl Troll (1950, 1968, 1971), pioneiro em ecologia da paisagem, definiu ecologia da paisagem como o estudo das relações físico-biológicas que governam as diferentes unidades espaciais de uma região. O autor considerou que o relacionamento seja tanto

vertical (dentro de uma unidade espacial) e horizontal (entre unidades espaciais). Grande parte do vasto campo da ecologia, no entanto, particularmente ao longo das últimas décadas, tem-se concentrado no “verticais”, isto é, as relações entre plantas, animais, ar, água e solo dentro de uma unidade espacial relativamente homogênea. Em contraste, o que faz a ecologia da paisagem única, é o seu foco na “horizontal”, isto é, as relações entre as unidades espaciais (Forman e Godron, (1986)).

Zonneveld (1979), citado por Forman e Godron (1986:7- 8) define paisagem como “ ... A parte do espaço na superfície da Terra, que consiste de um complexo de sistemas formados pela actividade de rocha, a água, o ar, as plantas, animais e homem e que, pela sua fisionomia forma uma entidade reconhecível”.

Segundo Farina, A. (2000), citado por Casimiro (2002:391) foram criadas duas grandes escolas, entre os anos 30 e os anos 80. Dentre as quais a primeira tem as suas raízes na Europa, concentrando-se na gestão, planeamento e procedimentos de avaliação das paisagens modificadas pelo homem. A segunda escola, originária da América do Norte, focando o comportamento dos padrões e processos no espaço (numa escala paisagística entre o micro e o macro).

A Ecologia da Paisagem é reconhecida pela comunidade científica internacional há quase 80 anos, quando passou de uma disciplina aplicada na Europa, adoptando uma base científica na América do Norte. Os paradigmas foram integrados com sólidas teorias e modelos, tornando-a numa ciência sólida graças ao trabalho de inúmeros autores, entre os quais se destacam Naveh; Lieberman, (1984), Forman; Godron, (1986), Forman, (1995), e Farina, (1998). Grande parte dos primeiros pioneiros ecologistas da paisagem tinha formação em Geografia e Biologia, tendo utilizado e incorporado fortemente os conceitos das respectivas ciências, Casimiro (2002).

Segundo Casimiro (2002:392), a definição mais completa de Paisagem, do ponto de vista da Ecologia da Paisagem, é a de Farina (2000:11), “uma Paisagem é a configuração espacial de manchas, com dimensões relevantes para o fenómeno a ser estudado. Paisagem, dum ponto de vista morfológico, é a extensão espacial, seguida por uma área espacial heterogênea. Paisagem é mais do que um lugar, mais do que um local geográfico ou um mosaico de cobertos, é na realidade o contexto físico e funcional em que os

processos ecológicos e organismos relacionados ocorrem a diferentes escalas espaciais e temporais [...] poderíamos definir Paisagem simplesmente com «uma porção do mundo real», na qual estamos interessados em descrever e interpretar processos e padrões”.

É de realçar que muitos elementos das definições acima convergem bem no ponto de vista científico em torno do conceito de paisagem. A paisagem pode ser entendida como uma área heterogênea composta por um conjunto de ecossistemas interativos que se repete de forma semelhante por toda parte (Forman e Godron, 1986). Paisagem variam em tamanho para baixo a alguns quilómetros de diâmetro. A fotografia aérea é frequentemente útil em retratar os ecossistemas que compõem a paisagem, bem como o seu limite, o que em geral é relativamente distinta, especialmente na estrutura da vegetação.

Segundo Forman e Godron (1986), o desenvolvimento ou formação de uma paisagem resulta de três mecanismos que operam no limite de uma paisagem: processos geomorfológicos específicos que ocorrem ao longo de um longo período de tempo, padrões de colonização de organismos e distúrbios locais dos ecossistemas individuais ao longo de um tempo mais curto.

Ainda segundo os mesmos autores, observam a paisagem como uma clara unidade qualificável, definida por seu conjunto reconhecível e espacialmente repetitivo de ecossistemas interativos, geomorfologia, e regimes de perturbações. A Ecologia da Paisagem centra-se em três características fundamentais da paisagem (Forman e Godron, 1986:11):

1. **Estrutura**, a relação espacial entre os distintos ecossistemas ou “elementos” presentes; mais especificamente, a distribuição de energia, materiais e espécies em relação ao tamanho, forma, número, tipo e configuração dos ecossistemas.
2. **Função**, as interações entre os elementos espaciais, ou seja, os fluxos de energia, materiais e espécies entre os diferentes ecossistemas.

3. **Mudança**, dada pela alteração na estrutura e na função do mosaico ecológico através do tempo.

2. Problema, objectivo e metodologia

Nas últimas décadas temos assistido a uma crescente degradação das paisagens, o que constitui um problema actual, com graves repercussões, por vezes irreversíveis, na conservação de recursos naturais, no desenvolvimento socioeconómico, na qualidade de vida e na preservação de áreas protegidas.

Esta crescente tomada de consciência e a sua divulgação na sociedade tem vindo a ser expressa através de estratégias e políticas a nível europeu e mundial nesta matéria desde há algumas décadas que a nível internacional se têm publicado textos jurídicos no domínio da preservação e gestão do património natural e cultural, mas apenas nos últimos anos se tem um crescente interesse nesta área².

De realçar que as questões ambientais, em geral, extrapolam as áreas de atuação de varias ciências, visto que a compreensão das relações do meio-ambiente e sua dinâmica requer uma visão integrada de ambos os aspectos físicos e ecológicos de sistemas naturais e de suas interações com os factores socioeconómicos e políticos. Assim sendo, as constantes alterações que se vão verificando no meio-ambiente, mas concretamente sobre a paisagem da região tem sido causadora de muitos desequilíbrios/mutações alterando as características da paisagem.

Portanto, devemos ver o Território e a Paisagem como elementos muito importantes visto que ambos podem ser pontos estratégicos com vista a garantir uma boa qualidade de vida das populações e na promoção do desenvolvimento local de qualquer região.

² Caracterização biofísica, paisagística e ambiental. Direcção Municipal de Planeamento do Território e da Gestão Urbanística – DPGU. (acedido em 02.08.2014) http://www.cm-cascais.pt/sites/default/files/anexos/gerais/2_caract_biofisica_paisagistica_ambiental.pdf

A dissertação tem como objectivo principal caracterizar e avaliar a Paisagem no Município de Humpata, Angola. Para além deste que é apontado como objectivo principal a mesma apresenta alguns objectivos específicos:

- caracterizar a estrutura e composição da paisagem actual no Município de Humpata;
- demonstrar, com exemplos práticos, a utilização de métricas da paisagem em estudos ambientais e ordenamento do território.

Capítulo II – Contexto geográfico de Humpata

O município de Humpata corresponde a um dos 14 municípios que compõem a província de Huíla, localizando-se no extremo oeste.

Administrativamente é composto apenas pela comuna sede numa superfície total de aproximadamente 1.239 km². Não possuindo institucionalmente comunas, de salientar a importância que os sectores de Palanca, Kaholo, Bata-bata e Neves detêm no contexto municipal.

Este município beneficia da proximidade geográfica que detém da capital da província Huíla “Lubango”, estando a uma distância de 22 km.

O município de Humpata está localizado a uma altitude média de cerca de 2.000 m, o que influencia fortemente o tipo de clima e o coberto vegetal. As altitudes elevadas são introduzidas através de uma escarpa vigorosíssima, talhada a pique ou quase e muito alta, a restante paisagem é bastante monótona caracterizando-se por vastas extensões planálticas de amplos horizontes, nomeadamente o planalto do Bimbi e o planalto da Humpata.

No ponto de vista socioeconómico o município abrange um conjunto de equipamentos correspondentes nos domínios da saúde, educação, desporto e cultura, serviços de comunicação, transporte, abastecimento de energia e água, agricultura, pecuária, indústria e comércio.

O município está composto por 82.758 mil habitantes³ distribuídos nos vários pontos do seu território. A população residente é composta principalmente pelos grupos etnolinguísticos Nhaneca Humbe (Mumuila e Ovimbundo).

³ Fonte: Instituto Nacional de Estatística. Resultados Preliminares – Recenseamento Geral da População e da Habitação de Angola (RGPH), 2014.

1. Situação geográfica

A expressão que se designa a área estudada fornece-nos um primeiro critério de individualização: a altitude. Com os seus aspectos fisiográficos e agros – ecológicos bem vinculados, a designação de “Terras Altas da Huíla” onde se enquadra o município de Humpata, torna-se assim naturalmente expressiva reflectindo um conjunto de factores que envolvem e caracterizam um espaço ecológico e geo – económico bem individualizado.

Situado no sudoeste de Angola o Município de Humpata esta compreendido pelos paralelos 16° 15' e 14° 30' de latitude sul e pelos meridianos 13° 45' e 12° 50' de longitude este e, é limitado a Norte pelo município do Lubango, a Este pelo município da Chibia, a Sul pelo município do Virei (província do Namibe), e a Oeste pelo município da Bibala (Província do Namibe), administrativamente é composto apenas pela comuna Sede numa superfície total de 1.239 km², (Figura 2).

2. Clima

De acordo com a classificação racional de Thornthwaite, o clima em toda área é mesotérmico, sub – húmido húmido (C_2) na metade setentrional e sub – húmido seco (C_1) na metade meridional; na faixa limítrofe sudeste e sul é semiárido (D). Na classificação de Köppen a quase totalidade da área é do tipo climático Cwb (clima mesotérmico, de estação seca no inverno); exceptua-se uma faixa meridional que é o do tipo BSh (clima seco, de estepe, quente).

Quanto à temperatura média anual, a zona fica envolvida, sensivelmente, pela isotérmica dos 19°C, com uma diminuição gradual para o interior a medida que a altitude se eleva. Na superfície planáltica da Humpata, de cota mais elevada, desce para os 17°C, com valores da ordem dos 15°C na Estação Zootécnica do Sul. No pequeno planalto do Bimbe, a maior altitude, as temperaturas médias são ainda mais baixas. As médias das temperaturas anuais variam no mesmo sentido, oscilando à volta dos 25° - 27°C, excepto na superfície altiplânica mais elevada, que aproxima-se dos 20°C. Do mesmo modo se

verifica tal variação quanto às médias das temperaturas mínimas anuais, com valores que oscilam, entre 9° e 11°C. A amplitude térmica anual (diferença entre as temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio) varia entre os 5° e 7°C, valores relativamente pequenos, comparativamente às amplitudes diárias que atingem no período frio (Maio a Agosto) números muitos elevados, da ordem dos 30°C, principalmente nos meses de Junho e Julho, os mais frios do ano. Ao longo do período frio são frequentes as geadas, com mais forte incidência nos meses de Junho e Julho. Este facto, aliados às acentuadas oscilações térmicas diárias e à extrema seca do ar (humidade relativa muito baixa), determinam fortes condicionalismos à exploração das culturas perenes, sobretudo fruteiras das regiões tropicais e subtropicais. O período quente do ano vai de Setembro a Abril, envolvendo a época chuvosa e os meses que a antecedem; Outubro é, para toda área, o mês mais quente do ano.

A humidade relativa média anual às 9 horas oscila entre 50 e 60%, coincidindo os valores mais baixos com o período frio (25 a 35%) e os mais altos com o período quente (60 a 80%). O ambiente extremamente seco do período frio é ainda mais acentuado por o Sol se encontrar quase sempre a descoberto, porquanto é o período quente que regista os maiores índices de nebulosidade.

No aspecto climático há a considerar duas estações climáticas: a das chuvas, compreendendo um período de seis meses (meados de Outubro a meados de Abril) e a seca correspondente aos restantes meses do ano.

Os valores da precipitação média anual aproximam-se dos 1200 mm a norte e desce abaixo dos 750 mm no extremo limite sul da zona. Registam-se dois máximos de precipitação um em Novembro e outro em Março; em Janeiro – Fevereiro tem lugar um pequeno período seco de duas a três semanas, nalguns anos sensivelmente mais prolongado. A distribuição das chuvas é bastante variável, não só de ano para ano, como ao longo dos meses, manifestando-se, sobretudo, com inícios tardios e finais precoces.

3. Geologia

A cartografia geológica detalhada ou semidetalhada, levada a efeito pelos Serviços de Geologias e Minas, tem nos últimos anos vindo a envolver extensas áreas do sul e sudoeste de Angola, estando já publicados diversas folhas da Carta de Angola na escala 1: 100.000. Duas dessas folhas cobrem, em relação à zona considerada, importantes áreas a sudoeste, figurando numa delas quase inteiramente o Planalto da Humpata e na outra parte centro – norte, enquadrando Sá da Bandeira, Hoque e Olivença a Nova.

Na zona considerada dominam largamente as formações eruptivas antecâmblicas, os materiais rochosos mais abundantes desta formação são os granitos, em geral de coloração rósea ou pardacenta e de textura granular associados a granitos porfiroides. Além destas rochas, que dominam largamente em toda a aplanção inferior, há ainda a assinalar diversas outras formações, também consideradas como antecâmblicas, entre as quais os granodioritos, que ocorrem em diversas manchas importantes, os dioritos, com ou sem quartzo, também bastante representados, os sienitos e, por último, a mancha conjunta dos gabros e anortositos.

Ainda admitidas como antecâmblicas há a referir diversas outras rochas eruptivas, normalmente com modo de jazida filoniano, que estão largamente representadas no seio das formações do Maciço Antigo, entre as quais doleritos olivínicos, pegmatitos, aplitos e lamprófiros, sendo também frequente a ocorrência de massas e filões de quartzo.

Entre as rochas eruptivas, há ainda a considerar as antepérmicas e as pós – pérmicas. As primeiras são intrusivas nas formações eruptivas antecâmblicas e compreendem especialmente pórfiros graníticos e quartzíticos, além da ocorrência nalguns locais de riólitos e rochas afins.

Das rochas pós – pérmicas, as mais representativas são os doleritos sem olivina, que afloram em extensões apreciáveis no Planalto da Humpata, no seio da Formação Chela, principalmente dos calcários dolomíticos, e ainda ocorrem profusamente em filões no nível planáltico inferior ou em extensas soleiras postas a descoberto pela erosão. Além dos doleritos sem olivina, foram ainda identificados diversas outras rochas filonianas pós

– pérmicas, entre as quais se incluem uma brecha eruptiva de matriz dolerítica e os dacitos, andesitos, pórfiros dioríticos e noritos. Na maioria dos casos estes materiais irromperam em plena formação de rochas eruptivas mais antigas, constituindo extensos diques.

O degrau que delimita o Planalto da Humpata é talhado em rochas greso – quartzíticas, e a sua importância, principalmente do lado oeste, deve-se à grande possança destes materiais extremamente duros, que em quase todo o contorno planáltico definem cornija bastante pronunciada, (Figura 3).

4. Geomorfologia

A área em referência é bem definida por Jessen (Nível V), corresponde às mais elevadas aplanações do sudoeste angolano. Nela se distinguem duas subunidades: uma, a da Humpata (2000 m no topo mais alto) e a outra, a do Bimbe, erguendo-se acima desta, atinge cotas dos 2300 m. Ambas as aplanações se definem por degraus escarpados, sendo mais expressivo, pela sua extensão, aquele que separa a superfície planáltica inferior, também designada por Planalto Principal, da superfície da Humpata; desta para a pequena superfície do Bimbe, outro alteroso degrau se ergue, com desníveis da ordem dos 100 – 300 m.

O ponto mais alto (Changalinde 2335 m) fica na parte central do planalto (14° 53' S. e 13° 24' E.). Na área do Bimbe (14° 57' S. e 13° 15,5' E.), aquela onde está melhor conservado, as altitudes são de 2250 m a 2300 m; são ainda desta ordem ao longo da escarpa que olha ao poente; nos bordos que dão para o Planalto Principal e para o da Humpata andam por 2200 m.

O Planalto da Humpata, no bordo que dá para o Lubango, está a cotas um pouco superiores a 2100 m; é área de solos esqueléticos, onde afloram as camadas de quartzito exumadas. O planalto desce para o sul: no perímetro florestal está a 2000 m e na povoação da Humpata a 1930 m, como referimos; mais para sul, entra-se numa área

plana e de solos fundos, na maioria lateríticos; as cotas até ao paralelo da Escola do Tchivinguiro ($15^{\circ} 10'$), são da ordem dos 1850 m.

Uma flexura de direcção noroeste-sueste desnivela o planalto por duas dezenas de quilómetros, para noroeste de Cangalongue. Até à latitude $15^{\circ} 10'$, os dois compartimentos na vizinhança do acidente são constituídos por quartzito; o desnível entre eles é da ordem da centena de metros. Para o norte desta latitude, aparecem dolomitos junto do acidente, no compartimento baixo; caminhando para o noroeste os dolomitos ganham espessura e na estrada para Escola do Tchivinguiro quase encobrem o degrau topográfico; mais adiante ele está novamente a descoberto graças à erosão de dois cursos de água quase alinhados que correm para o Bruco. Outros cursos de água alinhados acompanham, na parte sul, a base da flexura, sugerindo a presença de uma falha que Vale (1973) marcou na folha geológica ao 1: 100 000. Mas as camadas de quartzito, pelo menos na parte meridional do acidente, estão inclinadas a cerca de 45° no flanco da flexura (por exemplo, 2,5 km ao noroeste de Cangalongue) testemunhando da natureza do acidente, (Figura 4).

5. Hidrografia

Com uma rede hidrográfica densa e grande abundância de nascente, esta circunstância ajudou a que povoamento colonial se dispersasse de modo até certo ponto independente em relação aos cursos de água mais importantes.

As Terras Altas da Huíla estão incluídas na bacia hidrográfica do Rio Cunene, que passa a leste. Em função das chuvas, cuja média não é demasiada escassa, a rede de curso de água é, como se disse acima, bastante densa, sobretudo para norte onde é maior a pluviosidade. Trata-se quase sempre de rios ou riachos temporários, secos uma boa parte do ano, sendo nalguns casos extremo o regime torrencial, de tal modo que as águas correm violentamente após as grandes chuvadas, mas algum tempo depois já os leitos se apresentam secos, marcados apenas por uma faixa de aluviões. É sobretudo a estes riachos que cabe a designação de mulolas; as mais características existem em especial onde chove menos, a sul.

É de notar que muitos destes cursos de água temporários costumam conservar no período seco depósitos superficiais de água represada naturalmente. Ou, pelo menos, é possível obter água, cavando, nos leitos, poços (aqui chamados «cacimbas») de poucos metros de profundidade.

O traçado da rede hidrográfica é muitas vezes orientado por linhas de fractura, o que se traduz pela direcção mais ou menos rígidas dos cursos de água; nalguns casos, porém, estes apresentam uma configuração dendrítica, com um sistema complexo de afluentes e subafluentes que desenharam linhas em circunvoluções caprichosas. São frequentes exemplos de capturas ou circunstâncias em que estão iminentes – o que em parte se justifica por ser um tanto variável o curso das mulhas secundárias.

No conjunto de mulhas afluentes do Caculovar, destaca-se um verdadeiro rio, também designado “um duplo Caculovar” ainda mais extenso: trata-se do Chimpumpunhime, que nos sectores a montante do seu curso é designado primeiro por Neves e depois Nene. A sua bacia de recepção está encravada na Cordilheira marginal; o rio nasce no Bimbe e corre a princípio num vale acidentado e de forte inclinação, que vai diminuindo gradualmente, até que, a uns 13 km da nascente, pouco antes da Humpata, vai ter uma bacia aluvial, de cerca de 2 km², no extremo da qual foi estabelecida a barragem Capitão Sousa Dias (barragem das Neves). A partir daqui o Neves (é assim que continua a ser chamado) volta a correr num leito de grande inclinação e poucos quilómetros depois atinge nova bacia aluvial, muito mais ampla que a primeira, por onde se espraia. Junto a esta bacia fica a Palanca, perto do curso de água do mesmo nome, que é afinal um conjunto de três riachos e vai desaguar no Neves. A seguir o rio passa a chamar-se Nene e a inclinação do seu leito volta a acentuar-se, apesar de se notarem, intercalados neste sector, alguns trechos menos declivosos, com deposição de aluviões. Uns 16 – 17 km a montante da Chibia, o nome passa a ser Chimpumpunhime e a cerca de 10 km da povoação começa aparecer nova várzea, que se alarga sobretudo para além dela e por onde corre o rio até à confluência com o Caculovar, (Figura 5).

6. Pedologia

As características do clima não impedem que os solos sejam do tipo mais corrente nas latitudes do planalto huilano em que se registam chuvas da ordem de grandeza indicada. Com efeito, as temperaturas não são tão baixas que imprimam um ritmo próprio à evolução pedológica. Destacam-se fundamentalmente duas grandes unidades pedológicas, bem relacionadas com as características climáticas, no que se refere em especial aos valores de precipitação e, de certo modo também, ao grau de secura do ar.

Os solos Ferralíticos, que constituem uma dessas grandes unidades, ocupam cerca de três quartos da área da zona, relacionando-se fundamentalmente com tipos climáticos húmidos, tendo deste modo representação continuada em toda a metade nordeste da aplanção inferior. Na superfície planáltica da Humpata, já em climas secos ou na transição para eles, ainda estes solos têm ocorrência possível, sobretudo quando se relacionam com determinados materiais rochosos da Formação Chela, como os xistos argilosos e os calcários dolomíticos, em correspondência com relevos suaves e aplanados.

Os solos Fersialíticos, a outra grande unidade, têm ocorrência normal em toda a faixa meridional e sudoeste da zona, caracterizada por climas secos, com gradações desde o sub – húmido seco até ao semiárido. Condições locais relacionadas com a presença de couraças lateríticas a pouca profundidade, ou atribuíveis à natureza de rocha subjacente, que impliquem fraco desenvolvimento do solo, ou ainda pela ocorrência de materiais grosseiros, são motivo da frequente descontinuidade na representação dos solos Fersialíticos.

Nas Terras Altas da Huíla a geologia revela-se um importante factor de diferenciação pedológica. Isto faz com que os afloramentos de arenitos correspondam em regra a litossolos e solos litólicos ou, sobretudo, a terreno rochoso, que revela um estado ainda menos adiantado de evolução; como resultado da influência litológica que acusam, estes terrenos rochosos aparecem sobretudo na Cordilheira Marginal e, dentro desta, no planalto do Bimbe. Por outro lado, a sueste, vamos encontrar barros negros litomórficos, relacionados com o complexo gabro – anortositico, (Figura 6).

7. Vegetação

Bem mais do que os solos, a vegetação natural reflete a influência da altitude, embora, do fundo, esteja tão relacionada como aqueles com condições climáticas, e, por outro lado, revele também, na sua diversidade, a acção de factores pedológicos. No conjunto, a formação florestal dominante, “mata de Panda”, é caracterizado de áreas acima de 1400-1500 m. Alguns pequenos retalhos de florestas de tipo diferente, que os especialistas têm identificado na região, relacionam-se também com altitudes elevadas. E o mesmo se dira de formações predominantemente herbáceas, as anharas (de que há dois tipos: do alto e do vale), intercaladas na floresta.

O mato ou mata de Panda, designação que Gossweiler aproveitou no seu trabalho de conjunto sobre a fitogeografia de Angola, é uma floresta de folhas caducas, um tanto aberta, que se apresenta umas vezes mais ou menos savanizada, outras vezes acentuadamente.

A vegetação só se apresenta bem despida de folhagem no final do período seco, verificando-se a rebentação no início das chuvas ou pouco antes; porem nem todos os elementos do mato de Panda são de folha caduca. Num estudo sobre a vegetação natural angolana, Grandvaux Barbosa chama a esta formação “miombo”, nome corrente na bibliografia da especialidade e que se aplica a bosque onde estão bem representados os géneros *Brachystegia*, *Julbernardia* e as vezes *Berlinea*. A área de distribuição do mato de panda ou miombo esta limitada a oeste pela escarpa da Chela; o contacto faz-se com um mato característico de áreas mais secas, com *Colospospermum mopane* («mutiati»), que, já dentro das Terras Altas da Huíla, limita o miombo também a sul e é designada por Grandvaux Barbosa como bosque seco, decíduo e mosaico de savana “estepe” (correspondendo ao mato cerrado ou balcedo).

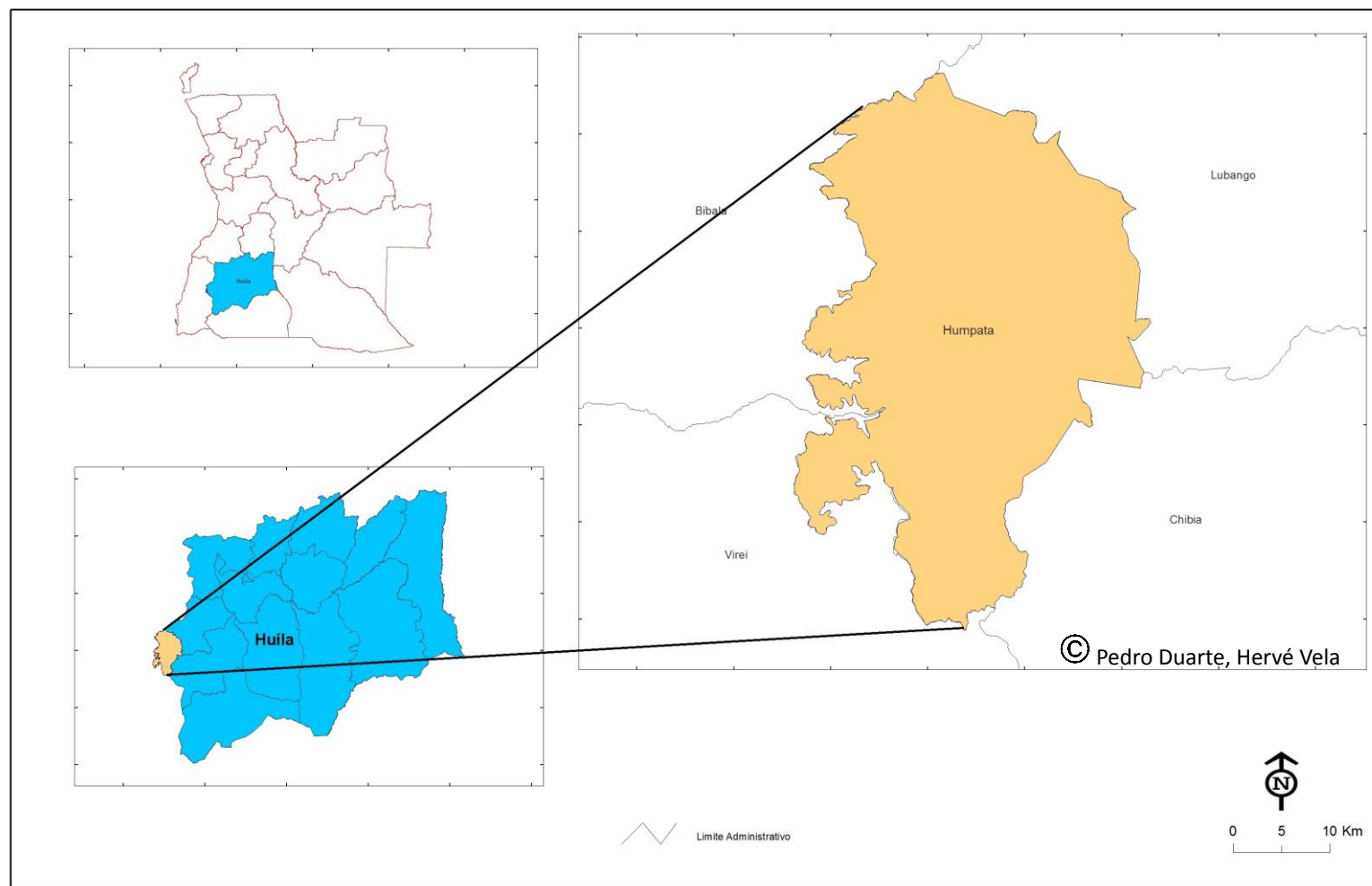
Ainda dentro das florestas, Grandvaux Barbosa refere dois outros tipos, de representação exígua, intimamente relacionados com a altitude. A floresta húmida, de nevoeiros, semidecídua (a chamada *cloud forest* dos autores ingleses), apresenta-se pouco desenvolvida se são acentuados os ventos fortes e as temperaturas baixas e se as condições pedológicas não são favoráveis. A floresta – relíquia, seca, de resinosas,

aparece nos sítios elevados, em regra com mais de 1800 m, que possuam condições capazes de abrigo e humidade.

Estes dois tipos de floresta representam um dos aspectos dos andares superiores de vegetação. Os outros são o miombo anão, apenas com 2 m a 5 m de altura, localizado nalguns sectores da faixa hipsométrica entre 1900 m e 2200 m, e, sobretudo, verdadeiros rasgões da cobertura florestal, nos quais distinguiremos, seguindo neste ponto a sistematização proposta por A.C. Diniz (*ob. cit.*, p. 381), a estepe com arbustos e subarbustos e a pseudo – estepe ou anharas do alto. As anharas do alto têm um aspecto de prado, o que levou Grandvaux Barbosa a chamá-lhes também “prados de altitude”. Estabelecem-se em terrenos dificilmente drenados, de tal modo saturados de água na época chuvosa a constituir lagoas temporárias a que, por vezes, se dá o nome de “etalas”. As mais importantes ficam entre 10 km e 16 km a ESE da Humpata: Techicanda, Techivanga, Mungolo, Nutende, Monambandeje, Nuntechite (esta a mais vasta, junto ao caminho entre a Humpata e Jau).

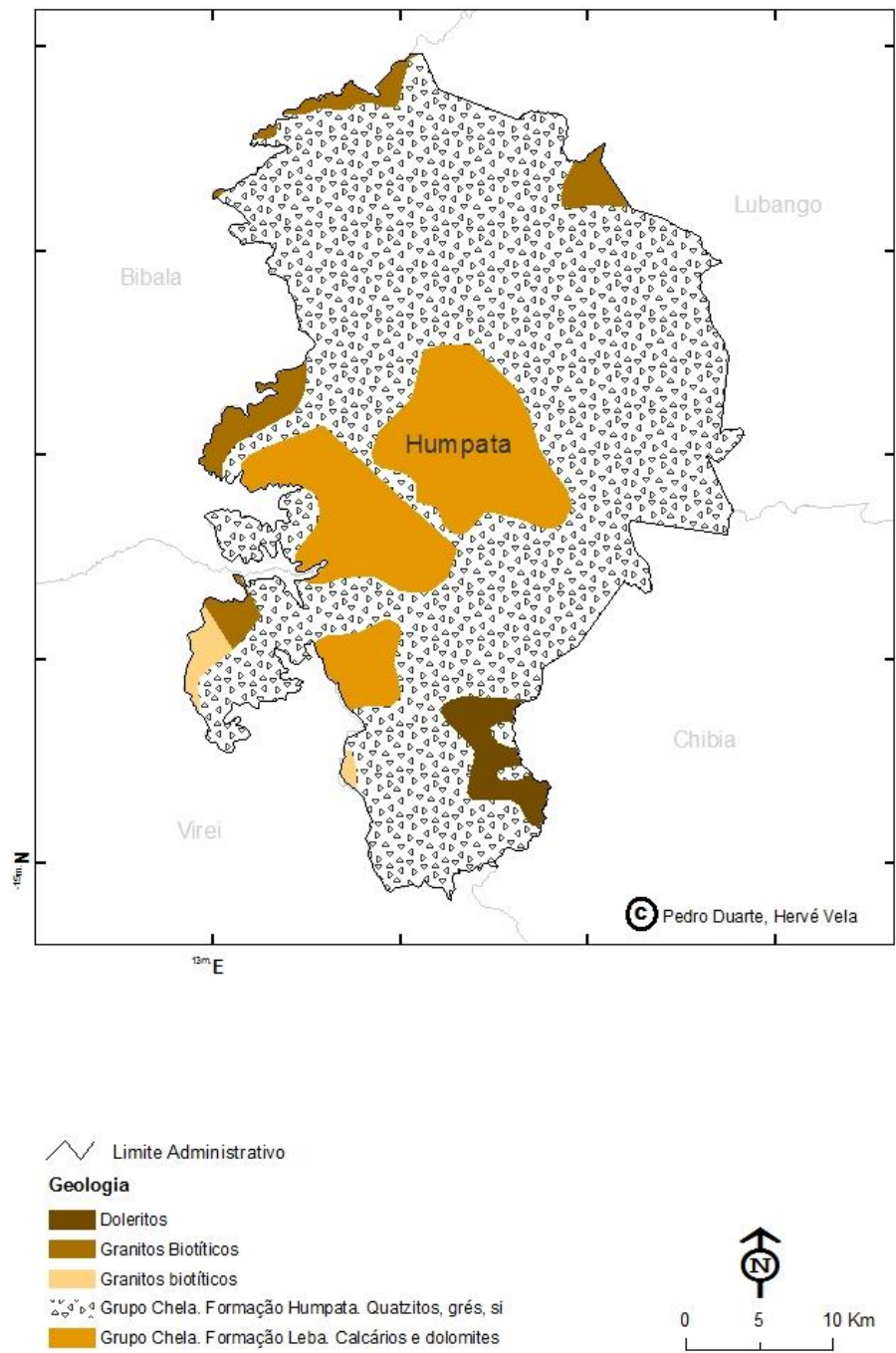
Algumas formações vegetais do planalto huilano revelam, por outro lado, a influência da escassez das chuvas. Nas áreas mais secas da região, a sul, aparecem matos cerrados dos balcedos, citando-se, entre os géneros representados, *Croton*, *Peltophorum*, *pteleopsis*; surge também o já citado mutiáti (*Colophospermum mopane*), que em áreas vizinhas domina acentuadamente a paisagem fitogeográfica, (Figura 7).

Figura 2 – Área de Estudo



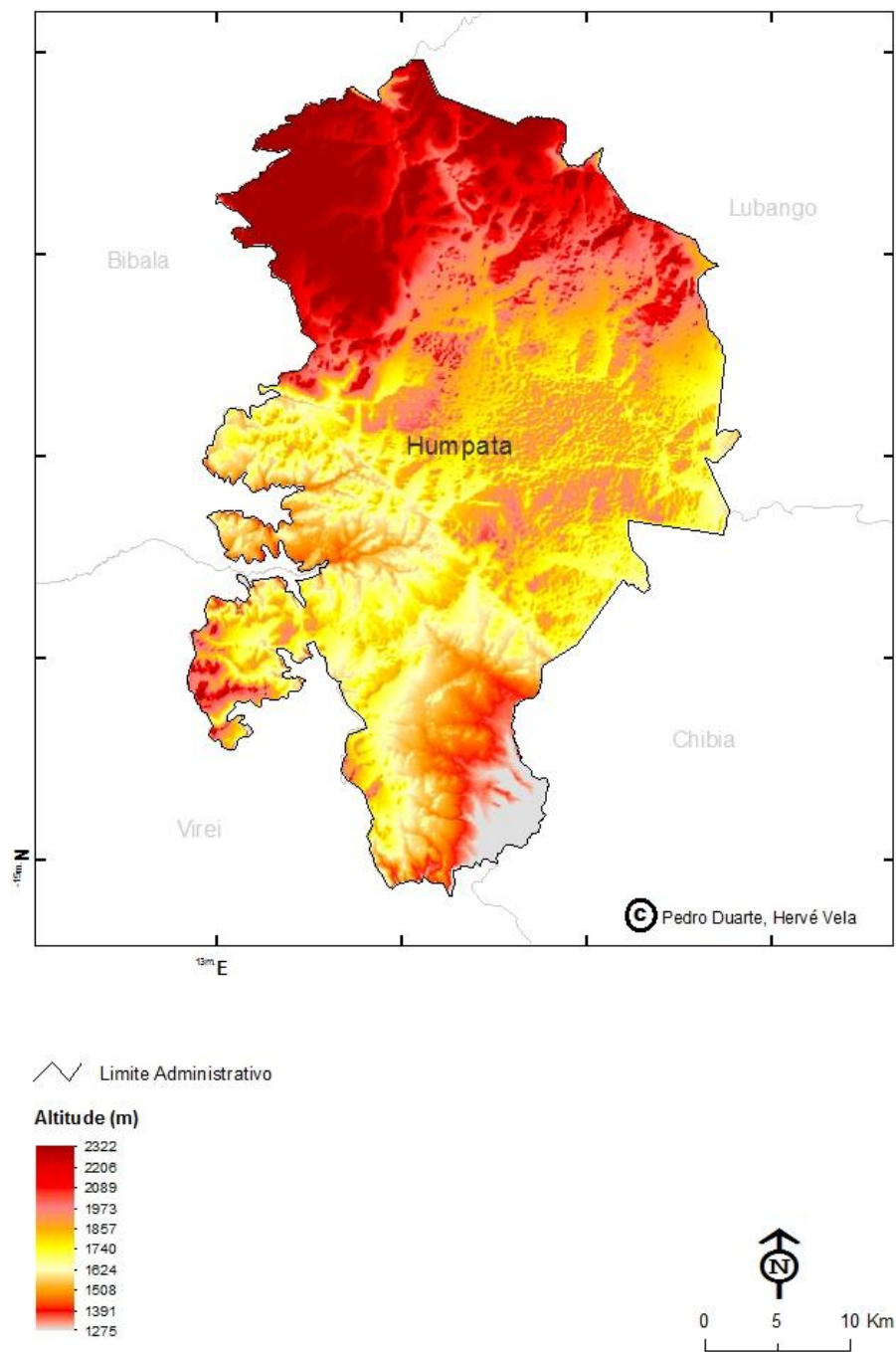
Fonte de Dados: Instituto Geográfico e Cadastral de Angola – IGCA.

Figura 3 – Geologia



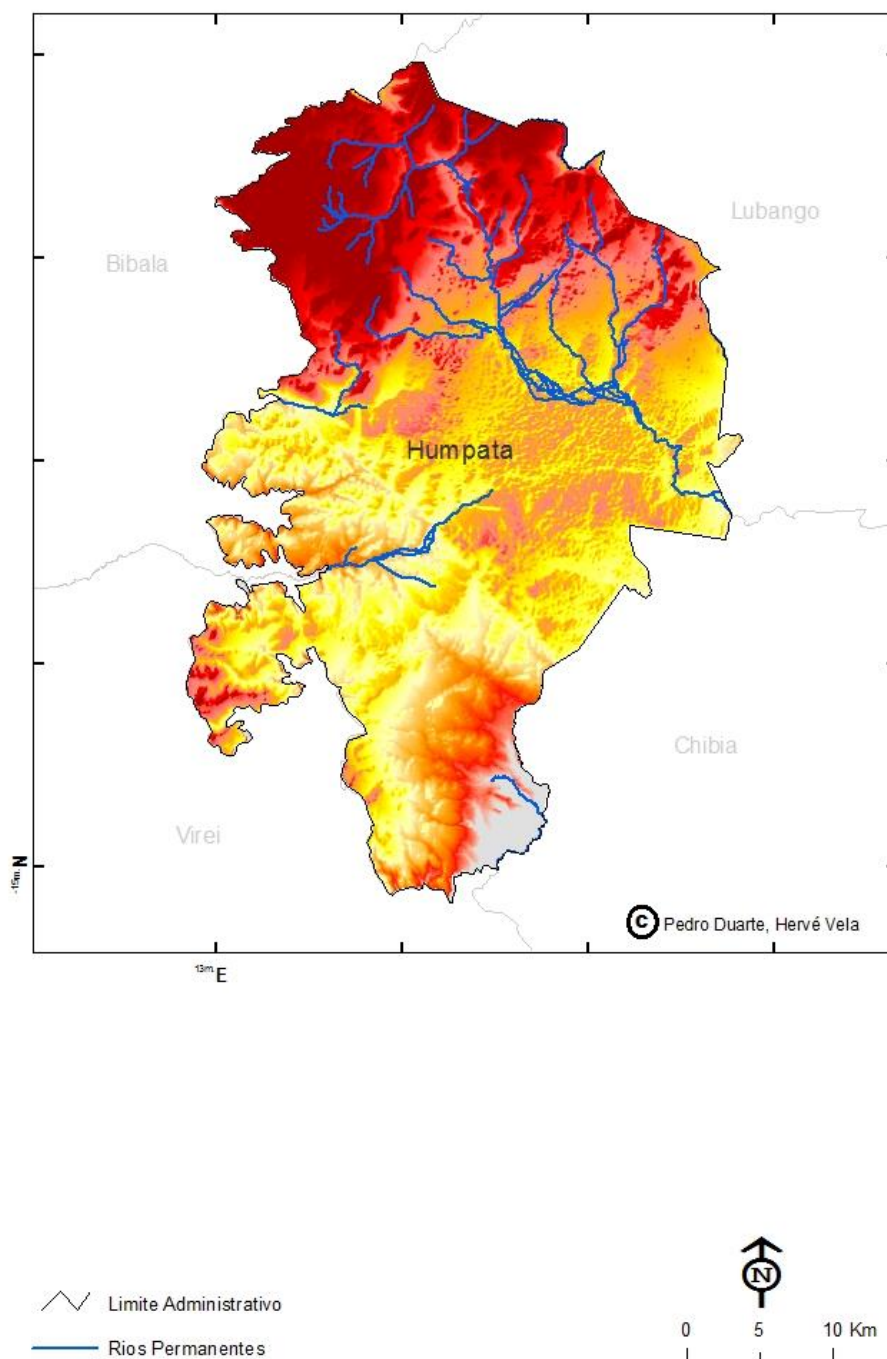
Fonte de Dados: Instituto Geográfico e Cadastral de Angola – IGCA.

Figura 4 – Altitude



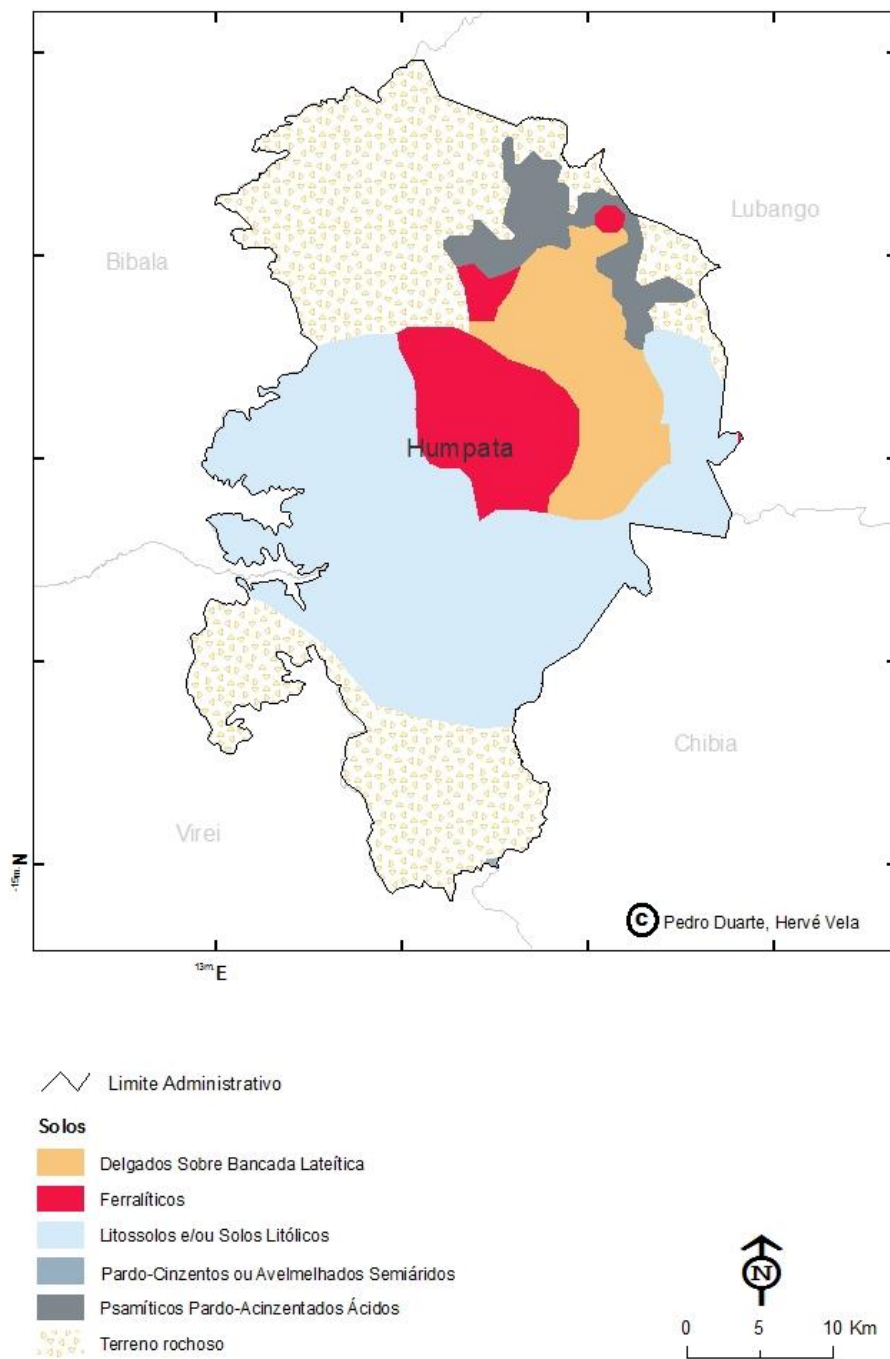
Fonte de Dados: Instituto Geográfico e Cadastral de Angola – IGCA.

Figura 5 – Hidrografia



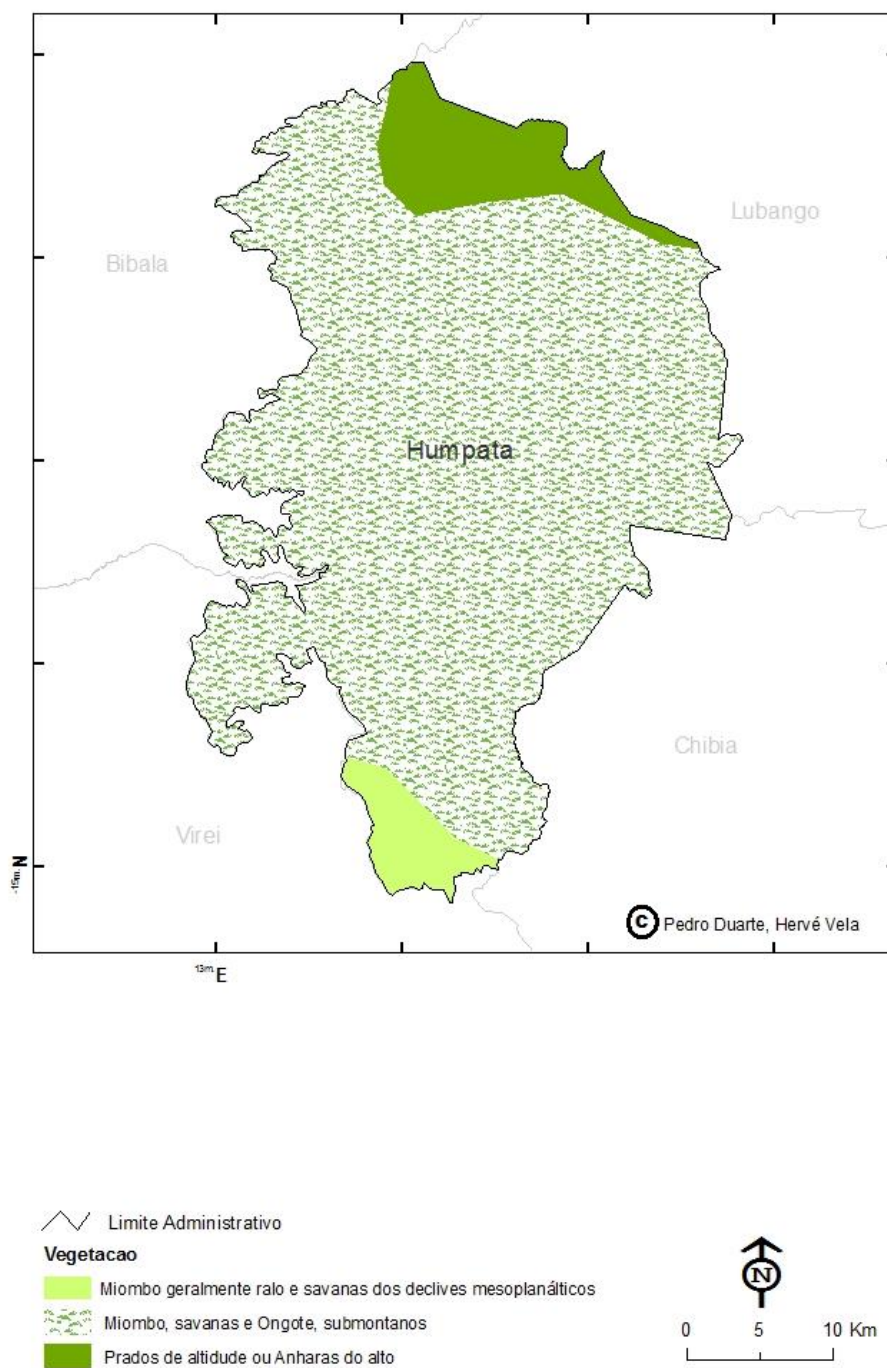
Fonte de Dados: Instituto Geográfico e Cadastral de Angola – IGCA.

Figura 6 – Pedologia



Fonte de Dados: Instituto Geográfico e Cadastral de Angola – IGCA.

Figura 7 – Fitogeografia



Fonte de Dados: Instituto Geográfico e Cadastral de Angola – IGCA.

8. Síntese orientada para análise biofísica de Humpata

A síntese biofísica de Humpata é a tradução expressa numa única peça desenhada contendo toda a informação disponível sobre os atributos biofísicos do município de Humpata, esquema coremático⁴ (Figura 11). Esta síntese resulta da combinação de atributos característicos do território nomeadamente: geologia, hidrografia, vegetação, solos.

O esquema coremático foi elaborado com objectivo de apresentar de forma resumida e combinada a estrutura territorial de Humpata, com base nos seguintes pontos:

- Identificação das unidades territoriais, resultante da representação geométrica dos elementos biofísicos do município de Humpata, sendo o Grupo Chela (Formação Humpata) de acordo a sua configuração e predominância sobrepôs a representação espacial referente a Formação Vegetal dominante (miombo, savanas e ongote) seguido da representação das classes Solos Rochosos e Outros Solos, Outras Formações Geológicas, os cursos de água permanentes, as falhas geológicas as estradas principais e por ultimo a sede do município.
- Agregação de classes em função de critérios temáticos, criando assim novas classes temáticas Outras Formações Geológicas e Outros Solos (agregando os elementos menos dominantes de ambas classes), bem como a separação de classes tendo em conta a sua dimensão territorial, Formação Vegetal mais dominante, Solo Rochoso e Grupo Chela (Formação Humpata).

Em função destes procedimentos a estrutura territorial do município de Humpata mostra-nos a existência de três unidades espaciais, abordadas em síntese:

- 1- **Unidade periférica Norte**, composta por *Solo Rochoso* em toda unidade Norte, associado ao *Grupo Chela (Formação Humpata)* que também ocupa grande parte da unidade Norte. A região Noroeste do município é constituída por um coberto

⁴ A modelização gráfica ou coremática é uma representação idealizada do mundo real construída para demonstrar algumas de suas propriedades, a partir da qual se possibilita a concretização da comunicação cartográfica (Brunet, 1999). O esquema Coremático (Figura 8) é resultado da elaboração conjunta com **Hervé Vela**.

vegetal dominante formado por *Miombo*, *Savanas* e *Ongote* integrando, ainda, outras formações vegetais (Anharas do Alto) e *Outras Formações Geológicas*, a Noroeste e Nordeste (Granitos Biotíticos).

Na unidade periférica Norte localizam-se as nascentes dos principais cursos de água do município, que passam pela unidade central e divergem essencialmente na região sudeste do município. Para além dos elementos físico-naturais constituintes, esta unidade é marcada pelo traçado da estrada principal.



Figura 8 – Floresta e Solo Rochoso da unidade periférica Norte: a) *Solo Rochoso e Miombo*; b) *Floresta*; c) *Vegetação Herbácea e Arbustiva*; d) *Solo Rochoso, vegetação Arbustiva e Miombo*.

- 2- **Unidade Central**, correspondente à localização da sede do município, ocupada maioritariamente pelo grupo *Outros Solos* constituído por diferentes tipos de solo correspondentes a Pardo-Acinzentados Ácidos, Pardo-Cinzentos ou

Avermelhados Semiáridos e Psamíticos, Delegados sobre Bancada Laterítica, Ferralíticos e Litossolos. É igualmente ocupada pelo *Grupo Chela (Formação Humpata)*, sendo os elementos predominantes constituídos por quartzitos e grés, associados a um coberto vegetal formado maioritariamente por *Miombo, Savana e Ongote*. Esta unidade integra ainda *Outras Formações Geológicas* com domínio do Grupo Chela (Formação Leba, constituída por Calcários e Dolomites) e os Granitos Biotíticos.



Figura 9 – Floresta e Solo Rochoso da unidade Central: a) *Vegetação Herbácea ao leito do rio*; b) *Savana, Miombo e Ongote*; c) *Vegetação Arbustiva e Herbáceas*; d) *Vegetação Herbácea*.

A unidade central é atravessada por uma grande *Falha Geológica* que divide a região em duas partes, uma a Norte e outra a Sul (a maior do município). É caracterizada por integrar o curso de principais rios de regime permanente e por ser atravessada pela estrada principal (Estrada Nacional 280) que liga as Províncias de Huíla e de Namibe, assim como algumas estradas secundárias.

- 3- **Unidade periférica Sul**, ocupando grande parte desta unidade os *Solos Rochosos* associados ao *Grupo Chela (Formação Humpata)*, para além de *Outras Formações Geológicas*, Grupo Chela (Formação Leba, constituído por Calcários e Dolomites) e Doleritos. Esta unidade é caracterizada pelo seu coberto vegetal dominantemente constituído por *Miombo*, *Savana* e *Ongote*, sendo atravessada por uma pequena *Falha Geológica*.



Figura 10 – Floresta e Solo Rochoso da unidade periférica Norte: a) Floresta; b) Vegetação Arbustiva e Miombo; c) Solo Rochoso e Miombo; d) Savana, Miombo e Ongote.

Figura 11 – Esquema das estruturas territoriais do Município de Humpata



Capítulo III – Metodologia de análise da paisagem

A análise da paisagem desenvolve-se a partir de uma abordagem metodológica aplicada ao município de Humpata, centrando-se em duas componentes fundamentais – a estrutura e as funções da paisagem – explicitados nos pontos seguintes introdutórios da descrição da metodologia de análise da paisagem.

1. Estrutura da paisagem

A análise da paisagem recai sobre a paisagem global tomada no seu conjunto, bem como nos seus componentes, biofísicos e humanos, agrupados de forma reconhecível, revelando o mosaico de usos agrícolas, florestais, industriais e urbanos, tipos de relevo, distribuição da água superficial, património e as características cénicas e visual (Forman e Godron, 1986).

Segundo Forman e Godron (1986), os termos ecótopos e biótopos são utilizados por alguns ecologistas da paisagem como o elemento ou unidade básica da paisagem (Troll 1966; Neef 1967; Schmithusen 1967; Schreiber 1977; Zonneveld 1979; Agger e Brandt 1984). Outros termos usados incluem unidade de paisagem, células de paisagem, geotopo, fácies, habitat e local (Christian e Stewart, 1968; Vinogradov, 1966, 1976; Zonneveld, 1979).

Ruzicka *et al.* (1978), citado por Forman e Godron (1986:12) reconhecem estrutura da paisagem em dois níveis: componentes da paisagem, que são as unidades dentro de uma paisagem determinada pelo ambiente físico ou natural; e elementos da paisagem que é determinado principalmente por influências humanas.

De acordo a Ecologia da Paisagem, a estrutura da paisagem é composta por três elementos diferentes: **manchas** (*patches*), **corredores** (*corridors*) e **matriz** (*matrix*). Estes elementos base são a raiz cognitiva que permite a comparação entre paisagens distintas, permitindo desenvolver princípios gerais, Casimiro (2002:402).

2. Funções da paisagem

Um importante tópico em ecologia da paisagem continua a ser a identificação de padrões espaciais, causas e efeitos da função do ecossistema através da análise da paisagem. Segundo Christensen *et al.* (1996), Carpenter e Turner (1998), citados por Turner, Gardner, e O'Neill (2001:249), "a interface entre ciência e a gestão dos ecossistemas é um dos campos mais dinâmicos da ecologia contemporânea". A ecologia do ecossistema incide sobre o fluxo de energia e matéria através de organismos e seu ambiente.

Estudos sobre o ecossistema tem abordado questões relacionadas a captura de energia da luz pelas plantas, sua conversão em matéria orgânica e sua transferência para outros organismos. Espacialmente, ciência do ecossistema engloba sistemas delimitadas como bacias hidrográficas, paisagens espacialmente complexos, e até mesmo a própria biosfera; temporalmente, ciência do ecossistema cruza escalas que vão de segundos a milênios (Carpenter e Turner, 1998).

Normalmente ao estudar os processos dos ecossistemas, os ecologistas da paisagem enfatizam as causas e consequências da heterogeneidade espacial das taxas de processos do ecossistema (por exemplo, a mineralização do nitrogénio, a produtividade primária líquida), a influência da posição da paisagem em função do ecossistema e o movimento de materiais (tais como, água, nutrientes ou sedimentos) podendo estes movimentos diferir arranjos espaciais alternativos de coberto da terra. Neste sentido, os processos dos ecossistemas variam espacialmente em resposta a vários factores, como por exemplo, os gradientes de temperatura, padrões de precipitação e variações topográficas produzindo diferenças nas taxas de processos, tais como produtividade, decomposição e transformação de nitrogénio através das paisagens, (Turner, Gardner e O'Neill (2001)).

3. Metodologia de análise

3.1 Natureza dos dados

No presente trabalho a abordagem metodológica suporta-se na aplicação de métricas

de paisagem para análise da estrutura da paisagem. O cálculo das diferentes métricas de paisagem realiza-se a partir de informação de base referente à carta de ocupação do solo do Município de Humpata, obtida a partir de uma imagem *Landsat 8*, abrangendo a área correspondente à região da Humpata. Teve como premissas para o seu descarregamento a inserção da área de referência e da *patch/row*, (181/70 e 181/71 respectivamente) correspondente à região de interesse. Os dados *Landsat 8* são referentes ao dia 2 de Maio de 2013.

A carta de ocupação do solo é resultado de uma classificação supervisionada feita a partir do *software Spring*, para tal foi usado o classificador de Máxima Verossimilhança com o objectivo de obter um mapa de distribuição espacial de padrões, ou seja, mapa de ocupação do solo. A mesma resultou numa imagem constituída por sete (7) classes: água, áreas artificializadas, áreas agrícolas e pastagem, coberto herbáceo e arbustivo, vegetação arbustiva, floresta e solo exposto. Posteriormente foi exportada no *ArcGis 10.1* em ambiente *ArcMap* onde foram subdivididas em quatro quadrantes (noroeste NW, nordeste NE, sudeste SE e sudoeste SW), que serviram de base para os cálculos das métricas da paisagem com o *Fragstats* (Figura 12).

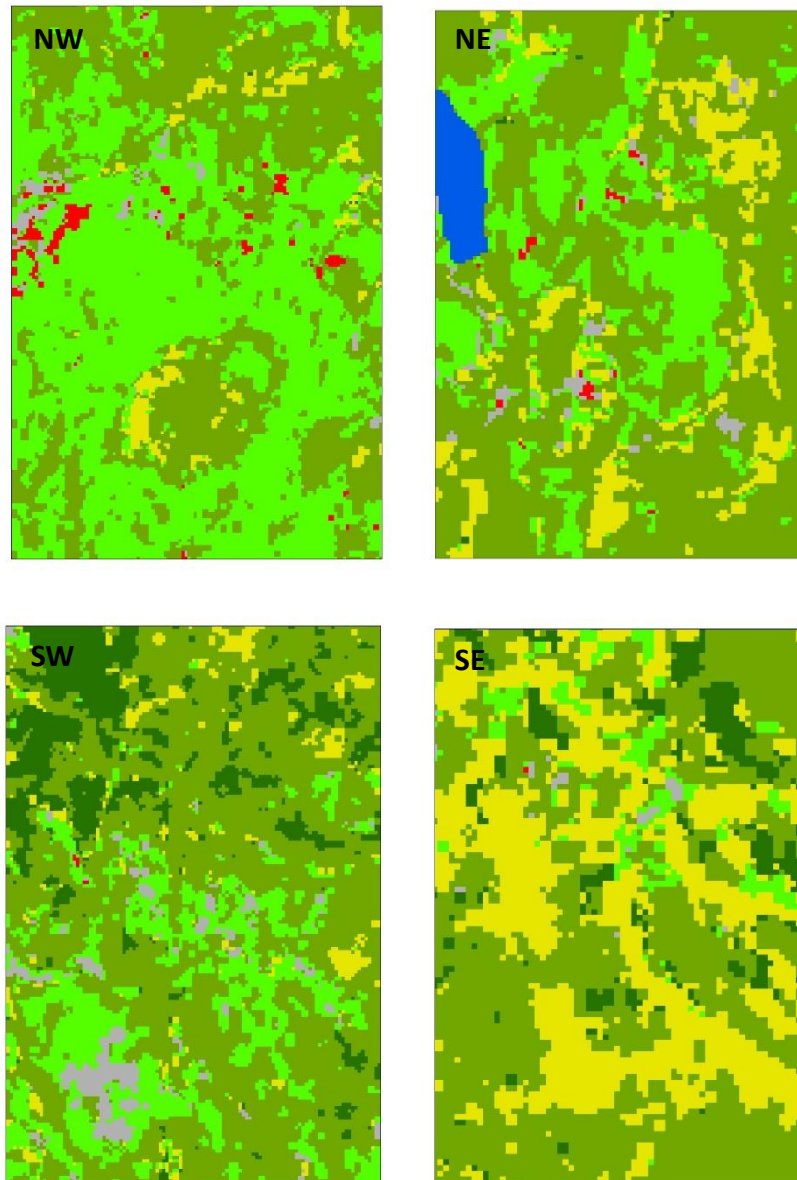


Figura 12 – Divisão do Município em quatro quadrantes

3.2 Seccionamento do município em quadrante

O *Fragstats* permite a integração de imagens em vários formatos, dependendo se a mesma contém *NODATA* ou fundo e se a imagem contém uma orla fora do limite da paisagem. A diferença entre *NODATA*, fundo, orla e limite estará na forma de como eles afectam a análise da paisagem e nos cálculos de várias métricas.

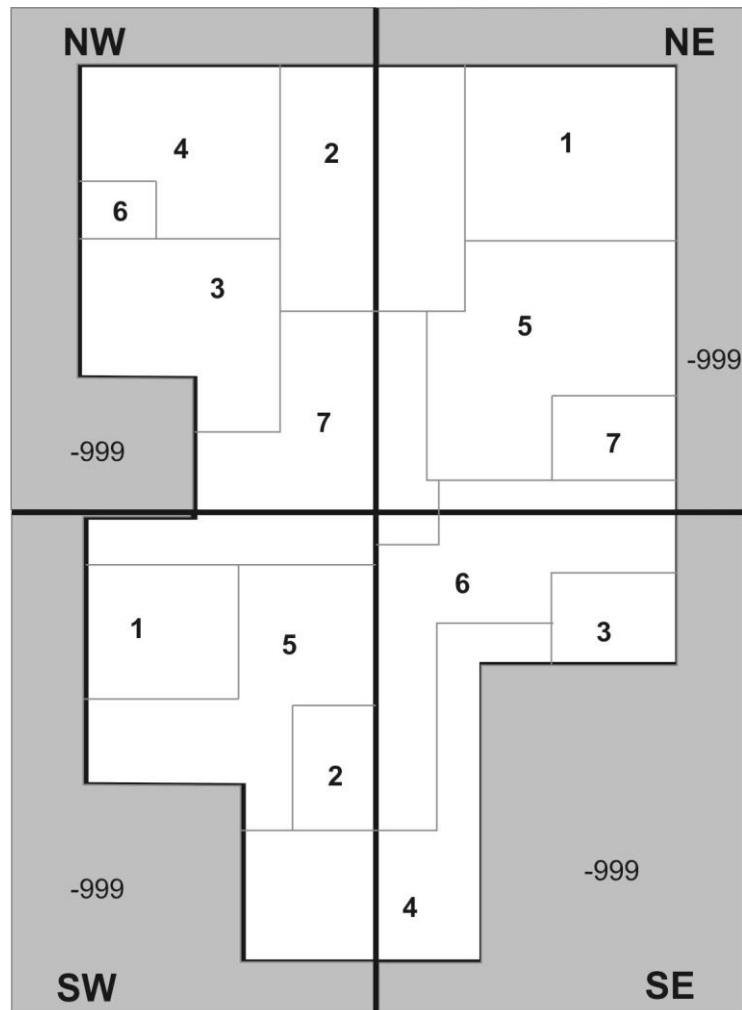
De realçar que muitas imagens contêm células *NODATA*, que são áreas não classificadas na grelha de entrada. Estas áreas podem estar dentro do limite da paisagem, mais

geralmente encontram-se fora do limite da paisagem. Para os dois casos, estas são células não classificadas, consideradas externas à paisagem de interesse e são ignoradas pelo *Fragstats*. Uma imagem pode conter fundo, ou seja, uma área indefinida dentro ou fora da paisagem de interesse.

O fundo pode existir como “buraco” na paisagem e pode parcial ou completamente cercar a paisagem de interesse. As células de fundo com valores positivos são consideradas “dentro” da paisagem de interesse e, as células de fundo com valores negativos “fora” da paisagem de interesse. O fundo com valor positivo “fundo interior” será incluído na área total da paisagem, o que irá afectar muitas métricas, mesmo não sendo tratados como uma mancha. O fundo com valor negativo “fundo externo” serão tratados da mesma forma que a *NODATA* e pode ter menor efeito sobre o cálculo das métricas.

No presente trabalho, a imagem classificada do município dividida em quatro quadrantes (mencionada no ponto anterior Figura 12), utilizada para a análise e cálculos das métricas foram feitos na perspectiva do “fundo externo⁵”, aplicando valores negativos ao fundo (Figura 13).

⁵ Tradução a partir do termo original na língua inglesa “*Exterior Background*”.



© Pedro Duarte

— Seccionamento Em Quatro Quadrantes

Figura 13 – Formato de imagem com relação ao fundo, aplicada na análise e cálculos das métricas (*Fundo Externo – Exterior Background*)

3.3 Cálculo das métricas de paisagem em *Fragstats*

O *Fragstats* é um programa desenvolvido por Kevin McGarigal e Barbara J. Marks, orientado para análise do padrão espacial a partir da quantificação da estrutura (ou seja, a composição e configuração) de paisagens. Este foi concebido para calcular uma ampla variedade de métricas de paisagem para padrões de mapa categórico. O objecto de análise é definido pelo utilizador e pode representar um fenómeno espacial. O *Fragstats* simplesmente quantifica a heterogeneidade espacial da paisagem como representado num mapa categórico (ou seja, mosaico da paisagem) ou de superfície contínua

(gradiente da paisagem, prevista para a versão 4.4)⁶.

4. Métricas de análise da paisagem

4.1 Métricas para a análise do padrão espacial: «Paisagem»⁷

Segundo McGarigal (2014:5), as paisagens contêm padrões espaciais complexos que variam ao longo do tempo. A análise de padrões de paisagem recorre à quantificação desses padrões e à análise da sua dinâmica. Os padrões de paisagem podem ser quantificados de várias maneiras, dependendo do tipo de dados recolhidos, a forma como foi colectado e do objectivo da investigação.

Nesta dissertação o padrão espacial «paisagem» foi, como vimos no ponto anterior, calculado com base nas métricas disponíveis em *Fragstats*. Para este efeito calcularam-se três grupos de métricas (Figura 14) que permitem analisar a paisagem categorizados segundo: **área** (*area*), **forma** (*shape*) e **diversidade** (*diversity*).

A **área**, apesar de não apresentar um significado relevante nesta abordagem aplicacional, a indicação da dimensão do espaço geográfico que estamos a trabalhar. A forma permite-nos determinar se a natureza da mancha está relacionada com o efeito da orla. A diversidade é o bloco de índices mais importantes porque nos dá os aspectos da estrutura à composição da paisagem ao nível da paisagem.

No que concerne a métrica da área calculamos os seguintes índices: área total, índice de maior mancha, orla total e densidade de orla.

⁶ Fases de desenvolvimento do *software Fragstats*:

O *software* original (versão 2) foi lançado em 1995, no âmbito de domínio público, em associação com a publicação de um relatório técnico da *USDA Forest Service General* (McGarigal e Marks, 1995). Desde então, centenas de profissionais tenham gostado do seu uso e, devido à sua popularidade o *Fragstats* tem sofrido muitas renovações ou actualizações estando actualmente na versão 4.2.

<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

⁷ O significado e a definição de cada métrica são explicitados tendo por base o manual de *Fragstats*. Ver em ANEXO fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Paisagem» e suas respectivas fórmulas de cálculos.

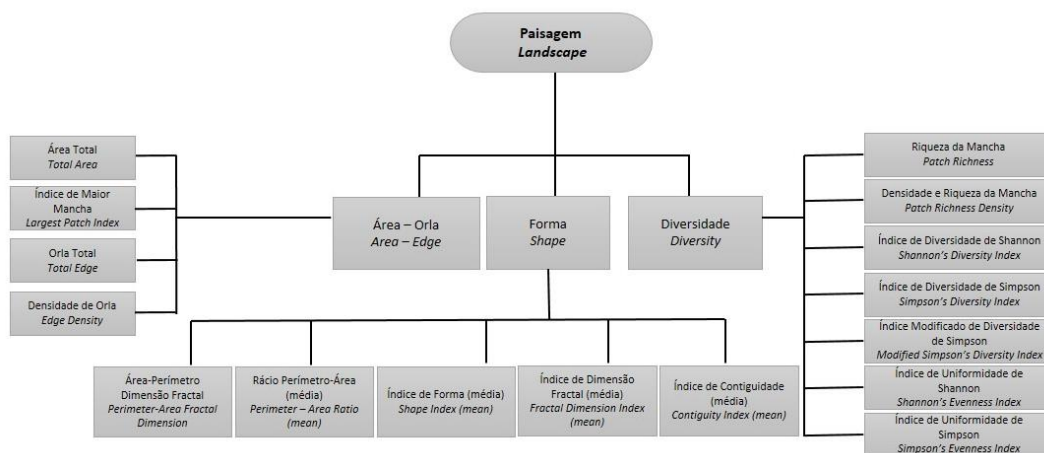


Figura 14 – Esquema representativo das métricas calculadas na análise do padrão espacial «Paisagem».

i) Área Total

Este índice é igual a área total da paisagem medida em hectares. A área total muitas vezes não tem um grande valor interpretativo no que respeita à relação e avaliação do padrão de paisagem. Contudo é importante porque define a extensão da paisagem.

ii) Índice de maior mancha

O índice de maior mancha é igual à área, em metros quadrados, da maior mancha da paisagem dividida pela área total da paisagem, multiplicado por 100. Ou seja, o índice de maior mancha é igual a percentagem da paisagem que a maior mancha compreende. É expresso em percentagem. O índice de maior mancha aproxima-se de zero quando a maior mancha da paisagem é muito pequena e é igual a 100 quando toda paisagem é constituída por uma única mancha.

O índice de maior mancha quantifica a percentagem da área total da paisagem composta pela maior mancha. Trata-se de uma simples medida de dominância.

iii) Orla Total

A orla total é igual à soma do comprimento de todos os segmentos de orla na paisagem. Se uma orla está presente na paisagem, a orla total inclui os segmentos dos limites da

paisagem representando apenas orlas verdadeiras e, se estiver ausente, inclui uma proporção especificada pelo usuário. Assim, uma orla da paisagem poderá estar presente ou não, sendo que a orla total inclui uma proporção especificada pelo usuário da orla interna de fundo.

É igual a zero quando não há orla na paisagem.

A orla total é uma medida absoluta do comprimento total da orla de um particular tipo de mancha expressa em metros. Envolve a comparação de paisagens de tamanho variável, podendo não ser tão útil como a densidade de orla. Contudo, quando se comparam paisagens de tamanho idêntico, a orla total e a densidade de orla são completamente redundantes.

iv) Densidade de Orla

Este índice é igual a soma do comprimento de todos os segmentos de orla na paisagem, dividido pela área total da paisagem, multiplicado por 10000. Se uma orla de paisagem está presente, a densidade de orla inclui os segmentos de limites de paisagem representando apenas orlas verdadeiras e, se estiver ausente, inclui uma proporção especificada pelo usuário do limite da paisagem. Assim, uma orla da paisagem presente ou não, a densidade de orla inclui uma proporção especificada pelo usuário da orla interna de fundo.

A densidade de orla é expressa em metros por percentagem. É igual a zero quando não há orla na paisagem.

A densidade de orla tem a mesma utilidade e limitações como a orla total, excepto na comparação entre paisagens de tamanho variável.

A **forma** é um parâmetro difícil de quantificar de forma precisa em uma métrica. Geralmente, a forma de um objecto geométrico, como uma mancha, é uma função da sua morfologia. Contudo, pode-se calcular métricas de forma a partir da morfologia das manchas.

Assim, no que diz respeito as métricas de forma calcularam-se os seguintes índices: área, perímetro, dimensão fractal, rácio perímetro-área (média), índice de forma (média), índice de dimensão fractal (média) e o índice de contiguidade (média).

i) Área-Perímetro e Dimensão Fractal

O índice da área-perímetro e dimensão fractal é igual 2 dividido pelo declive da linha de regressão obtidas pelo logaritmo de regressão da área da mancha contra o logaritmo do perímetro da mancha.

Este índice aproxima-se de 1 para formas com perímetros muito simples e, de 2 para formas muito complicadas. Especificamente, pode exceder grandemente o intervalo teórico em valores quando o número de manchas é pequeno, devendo evitar a sua utilização nestes casos. Além disso, a área-perímetro e dimensão fractal requer manchas para variar no tamanho. Ele é indefinido se todas as manchas são do mesmo tamanho ou se existe apenas uma.

ii) Rácio Perímetro-Área (média)

O índice de rácio perímetro-área é tido como o índice mais simples da forma. Uma dificuldade para a análise dos valores desta métrica é que ela varia com o tamanho da mancha.

iii) Índice de Forma (média)

Este índice mede a complexidade da forma da mancha em comparação com um padrão de forma do mesmo tamanho. Este índice diminui o problema do tamanho de dependência do rácio perímetro-área.

iv) Índice de Dimensão Fractal (média)

Este índice é também baseado na relação perímetro-área. O método perímetro-área quantifica o grau de complexidade das formas. E o grau de complexidade de um polígono é caracterizado pela dimensão fractal, onde o perímetro de uma mancha está relacionado com a área da mesma mancha.

v) **Índice de Contiguidade (média)**

O índice de contiguidade é baseado na ligação espacial, ou contiguidade, da célula dentro de uma mancha com vista a fornecer um índice do limite da mancha e, assim a forma da mancha. Ele é quantificado por convolução um modelo de vizinhança de 3×3 *pixels* com uma imagem digital binária, onde os *pixels* dentro da mancha de interesse são dados um valor de 1 e os de fundo são dados valores de zero.

Aplicado por ecologistas da paisagem o índice de **diversidade** mede aspectos da estrutura à composição da paisagem ao nível da paisagem. As suas métricas quantificam a composição da paisagem e, não são afectadas pela configuração espacial das manchas.

Quanto a esta métrica foram calculados os seguintes índices: riqueza da mancha, densidade e riqueza da mancha, índice de diversidade de *Shannon*, índice de diversidade de *Simpson*, índice modificado de diversidade de *Simpson*, índice de uniformidade de *Shannon* e o índice de uniformidade de *Simpson*.

i) **Riqueza da Mancha**

A riqueza da mancha é a medida mais simples de composição da paisagem. Este índice é igual ao número de diferentes tipos de manchas dentro do limite da paisagem.

ii) **Densidade e Riqueza da Mancha**

O índice da densidade e riqueza da mancha é igual ao número de diferentes tipos de manchas dentro do limite da paisagem, dividido pela área total da paisagem, multiplicado por 10000 e 100. É expresso pelo número de manchas por cada 100 hectares.

Este índice padroniza a riqueza da mancha por cada 100 ha, facilitando a comparação entre paisagens.

iii) **Índice de Diversidade de *Shannon***

O índice de diversidade de *Shannon* é igual a soma mínima, de todos os tipos de manchas,

dando a abundância proporcional de cada tipo de mancha multiplicando por essa proporção.

É igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha. Aumenta como o número de diferentes tipos de manchas e a distribuição proporcional da área entre os tipos de mancha.

O índice de diversidade de *Shannon* é uma medida popular de diversidade na ecologia de comunidade, aplicado para paisagens.

iv) Índice de Diversidade de *Simpson*

Este índice é igual a 1 menos a soma de todos os tipos de manchas, da abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado.

Ele é igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha. Aproxima-se de 1 como o número de diferentes tipos de manchas aumenta e a distribuição proporcional da área entre os tipos de mancha torna-se mais equitativa.

Este índice é menos sensível à presença de tipos raros tendo uma interpretação mais intuitiva que o índice de *Shannon*. Contudo, o valor do índice de *Simpson* representa a probabilidade de que quaisquer 2 pixels selecionados serem de diferentes tipos de manchas.

v) Índice Modificado de Diversidade de *Simpson*

É igual a menos o logaritmo da soma em todos tipos de mancha, de abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado.

O índice modificado de diversidade de *Simpson* é igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha. Ele aumenta como o número de tipos de manchas aumenta e a distribuição proporcional da mancha da área entre os tipos de manchas torna-se mais equitativo.

vi) Índice de Uniformidade de *Shannon*

Este índice é igual a soma mínima de todos os tipos de manchas, da abundância

proporcional de cada tipo de mancha, multiplicado pela proporção, dividido pelo logaritmo de número de tipos de manchas.

É igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha. É igual a 1 quando a distribuição de área entre tipos de mancha é perfeitamente a mesma.

vii) Índice de Uniformidade de Simpson

Este índice é igual a 1 menos a soma de todos os tipos de manchas, da abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado, dividido por 1 menos 1 dividido pelo número de tipos de manchas.

É igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha. É igual a 1 quando a distribuição de área entre tipos de manchas é perfeitamente a mesma.

4.2 Métricas para a análise do padrão espacial: «Classes»⁸

Tal como o padrão espacial «paisagem», o padrão espacial «classe» foi calculado com base nas métricas disponíveis em *Fragstats*. Para o efeito foram calculados três grupos de métricas que permitiram analisar a paisagem ao nível da classe segundo (Figura 15): **área** (*area*), **forma** (*shape*) e **agregação** (*aggregation*).

Para as métricas de **área** ao nível da classe foram calculados os seguintes índices: área total (classe), percentagem da paisagem, índice de maior mancha, orla total, densidade de orla e raio de rotação (média).

⁸ O significado e a definição de cada métrica são explicitados tendo por base o manual de *Fragstats*. Ver em ANEXO fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Classe» e suas respectivas fórmulas de cálculos.

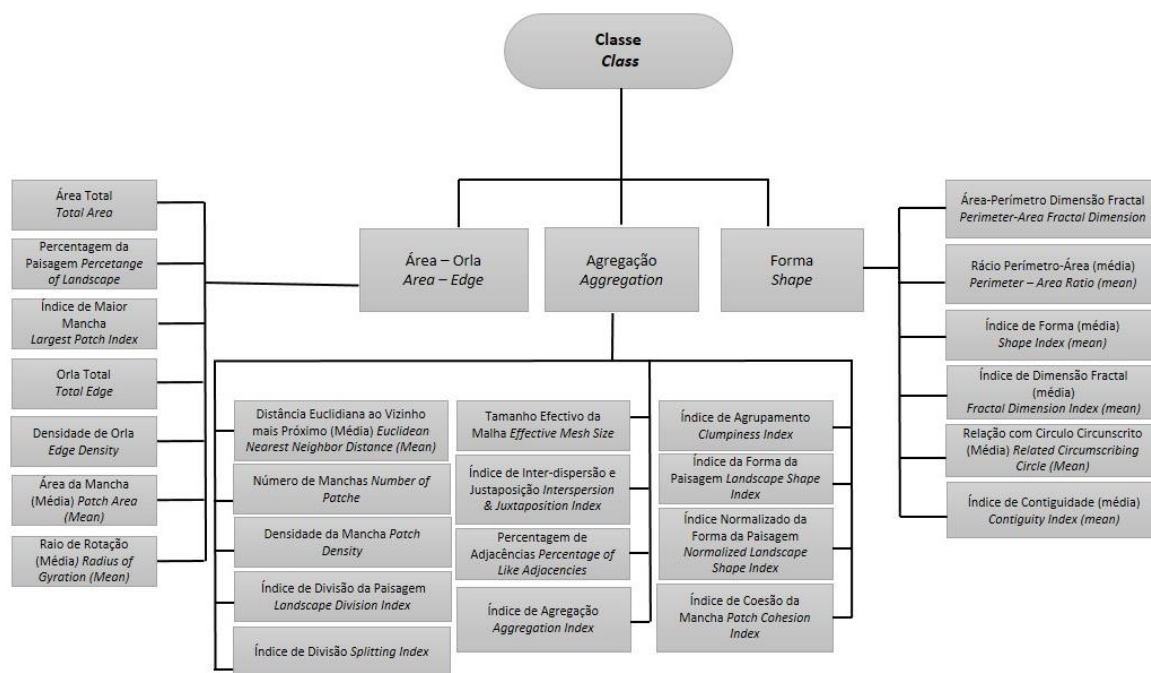


Figura 15 – Esquema representativo das métricas calculadas na análise do padrão espacial «Classe».

i) Área Total (classe)

A área total da classe é igual a soma das áreas de todas as manchas, dividida por 10000 e é medida em hectares. A área da classe é uma medida de composição da paisagem e além do ter um valor interpretativo directo, é usado nos cálculos para muitas métricas ao nível da classe e da paisagem.

ii) Porcentagem da Paisagem

Este índice é igual a soma das áreas em metros quadrados de todas as manchas, dividido pela área total da paisagem em metros quadrados, multiplicado por 100. É medido em percentagem.

A percentagem da paisagem aproxima-se de zero quando o tipo de mancha (classe) torna-se cada vez mais raro na paisagem e é igual a 100 quando toda a paisagem é composta por um único tipo de mancha.

A percentagem da paisagem quantifica a abundância proporcional de cada tipo de mancha na paisagem. É uma medida relativa, podendo assim ser a mais apropriada na

composição da paisagem do que a área da classe em termos de comparação entre as paisagens de tamanhos variados.

iii) Índice de Maior Mancha

O índice de maior mancha é igual a área de maior mancha em metros quadrados, dividido pela área total da paisagem em metros quadrados, multiplicado por 100. Ou seja, o índice de maior mancha é igual a percentagem da paisagem composta pela maior mancha.

É expresso em percentagem. Ele aproxima-se de zero quando a maior mancha é cada vez mais pequena e é igual a 100 quando toda paisagem é constituída de uma única mancha, isto é, quando a maior mancha compreende 100% da paisagem.

O índice de maior mancha no nível da paisagem quantifica a percentagem da área total da paisagem composta pela maior mancha. Trata-se de uma simples medida de dominância.

iv) Orla Total

Este índice é igual à soma dos comprimentos de todos os segmentos de orla envolvendo o tipo de mancha. Se uma orla está presente na paisagem, a orla total inclui os segmentos de limites da paisagem envolvendo o tipo de mancha e representando apenas orlas verdadeiras e, se estiver ausente, inclui uma proporção especificada pelo usuário. Assim sendo, uma orla da paisagem presente ou não, a orla total inclui uma proporção especificada pelo usuário de segmentos de orla de fundo internas que envolvem o tipo de mancha.

É expressa em metros. Ela é igual a zero quando não há orla de classe na paisagem.

A orla total no nível da classe é uma medida absoluta para o comprimento total da orla de um particular tipo de mancha. Envolve a comparação de paisagens de tamanho variável, podendo não ser tão útil como a densidade da orla. Contudo, quando se comparam paisagens de tamanho idêntico, a orla total e a densidade de orla são completamente redundantes.

v) Densidade da Orla

A densidade da orla é igual à soma dos comprimentos de todos os segmentos de orla envolvendo o tipo de mancha, dividido pela área total da paisagem, multiplicado por 10000. Se uma orla de paisagem está presente, a densidade de orla inclui os segmentos de limites de paisagem envolvendo o tipo de mancha e representando apenas orlas verdadeiras e, se estiver ausente, inclui uma proporção especificada pelo usuário do limite da paisagem. Assim sendo, uma orla da paisagem presente ou não, a densidade de orla inclui uma proporção especificada pelo usuário de segmentos de orla de fundo internas que envolvem o tipo de mancha.

É expressa em metros por hectares. A densidade da orla é igual a zero quando não há orla de classe na paisagem.

A densidade de orla no nível da classe tem a mesma utilidade e limitações como a orla total, excepto na comparação entre paisagens de tamanho variável.

vi) Raio de Rotação (média)

O raio de rotação é uma medida do grau da mancha, isto é, o quão longe (distância) em toda a paisagem uma mancha estende seu alcance. Quanto maior a mancha, maior o raio de rotação. O raio de rotação pode ser considerado uma medida da distância média que um organismo pode mover-se dentro de uma mancha antes de encontrar o limite da mancha de um ponto de arranque aleatório.

No que diz respeito as métricas de **forma**, ao nível da classe foram calculados seguintes índices: área-perímetro e dimensão fractal, rácio perímetro-área (média), índice de forma (média), índice de dimensão fractal (média), índice de relação com círculo circunscrito (média) e o índice de contiguidade (média).

i) Área-Perímetro e Dimensão Fractal

O índice da área-perímetro e dimensão fractal é igual a 2 dividido pelo declive da linha de regressão obtida pela regressão do logaritmo da área da mancha contra o logaritmo do

perímetro da mancha.

Este índice aproxima-se de 1 para formas com perímetros muito simples e, de 2 para formas muito complicadas. Especificamente, pode exceder grandemente o intervalo teórico em valores quando o número de manchas é pequeno, devendo evitar a sua utilização nestes casos. Além disso, o índice da área-perímetro dimensão fractal requer manchas para variar no tamanho. Ele é indefinido se todas as manchas são do mesmo tamanho ou se existe apenas <10 manchas.

A área-perímetro e dimensão fractal é atraente porque reflete a complexidade da forma sobre um intervalo de escalas espaciais. E sendo o índice que emprega análise de regressão, ele está sujeito a resultados falsos quando as amostras são pequenas. Em paisagens com apenas algumas manchas, não é incomum para obter valores que excedem em muitos os limites teóricos desse índice. Assim, este índice é provavelmente mais útil se as amostras são grandes.

ii) Relação com Círculo Circunscrito (média)

Um método alternativo para avaliar a forma é baseado na relação entre a área da mancha e a área do menor círculo circunscrito, conhecido como relação com círculo circunscrito. O círculo circunscrito fornece uma medida de alongamento global da mancha. Uma mancha muito sinuosa mas estreita terá um baixo índice de relação com círculo circunscrito devido à compactação relativa da mancha, mas uma mancha estreita e alongada terá um alto índice de relação circunscrito. Este índice pode ser particularmente útil para distinguir manchas de tipo linear (estreita) e alongado.

A **agregação** refere-se à tendência de tipos de manchas para serem espacialmente agregados, isto é, ocorrem em grandes agregados ou distribuições por contágio, também referida muitas vezes como textura da paisagem. O termo agregação é usado como um termo genérico para descrever vários conceitos intimamente relacionados como: dispersão, inter-dispersão, subdivisão e isolamento. Cada um destes conceitos diz respeito ao conceito alargado de agregação.

Para as métricas de agregação foram calculados os seguintes índices: distância euclidiana ao vizinho mais próximo (média), número de manchas, densidade da mancha, índice de divisão da paisagem, índice de divisão, tamanho efectivo da malha, índice de inter-dispersão e justaposição, percentagem de adjacência, índice de agregação, índice de agrupamento, índice da forma da paisagem, índice normalizado da forma da paisagem, índice de coesão da mancha.

i) Distância euclidiana ao vizinho mais próximo (média)

O *Fragstats* calcula três métricas de isolamento que adoptam uma perspectiva biogeográfica em isolamento da mancha. A distância euclidiana ao vizinho mais próximo é talvez a medida mais simples de isolamento da mancha. Portanto, a distância ao vizinho mais próximo é definida utilizando simples geometria euclidiana como a distância em linha recta mais curta entre o mancha focal e seu vizinho mais próximo da mesma classe, com base na distância entre os centros das células das duas células mais próximas das respectivas manchas.

ii) Número de Manchas

Este índice é igual ao número de manchas na paisagem do tipo de mancha correspondente.

O número de mancha é igual a 1 quando a paisagem contem apenas uma mancha, ou seja, quando a classe é constituída por uma única mancha. Para um tipo particular de mancha é uma medida simples da extensão da subdivisão ou fragmentação do tipo de mancha. Em uma classe o número de mancha pode ser de fundamental importância numa série de processos ecológicos, muitas vezes tem valor interpretativo limitado por si mesmo, na medida em que não transmite informações sobre a área, distribuição, ou a densidade da mancha.

iii) Densidade da Mancha

A densidade da mancha é igual ao número de manchas do tipo de mancha correspondente, dividido pela área total da paisagem, multiplicado por 10000 e por 100.

É expresso em número por hectares. Esta métrica está relacionada com o tamanho de grão da imagem *raster*, porque o máximo da densidade da mancha é atingido quando toda a célula é uma mancha separada. Assim sendo, em última análise, o tamanho da célula irá determinar o número máximo de manchas por unidade de área.

A densidade da mancha tem a mesma utilidade básica como o número de manchas, excepto que este exprime o número de manchas em uma base por unidade que facilita comparações entre paisagens de tamanho variável.

iv) Índice de Divisão da Paisagem

O índice de divisão da paisagem é igual a 1 menos a soma da área da mancha, dividido pela área total da paisagem, quantidade ao quadrado, resumida em todas as manchas do tipo de mancha correspondente.

Este índice é expresso em proporção. Ele é igual a zero quando a paisagem é constituída por única mancha e, aproxima-se de 1 quando o tipo de mancha focal consiste em única, pequena mancha de uma célula na área.

O índice de divisão da paisagem é baseado na distribuição cumulativa da área da mancha e é interpretado como a probabilidade de que dois *pixels* escolhidos aleatoriamente na paisagem não se situam na mesma mancha.

v) Índice de Divisão

Este índice é igual a área total da paisagem ao quadrado, dividido pela soma da mancha da área ao quadrado, resumida em todas as manchas.

O índice de divisão quando assume o valor de 1 significa que a paisagem é constituída por única mancha, aumentando de valor quando o tipo de mancha focal é cada vez mais reduzido em área e subdividido em manchas menores.

A divisão é baseada na distribuição cumulativa da área da mancha e é interpretado como o número efectivo de malha.

vi) Tamanho Efectivo da Malha

O tamanho efectivo da malha é igual a soma da área da mancha ao quadrado, resumida em todas manchas, em relação à área total da paisagem, dividido por 10000 (expresso em hectares). O tamanho efectivo da malha é máximo quando a paisagem é constituída por uma única mancha.

Este índice é baseado na distribuição cumulativa da área da mancha e é interpretado como o tamanho das manchas quando o tipo de mancha é subdividido em S manchas, sendo S o valor correspondente ao índice de divisão.

vii) Índice de Inter-dispersão e Justaposição⁹

O índice de inter-dispersão e justaposição é igual a menos a soma do comprimento de cada único tipo de orla, envolvendo o tipo de mancha correspondente, dividido pelo comprimento total da orla envolvendo o mesmo tipo, multiplicado pelo logaritmo da mesma quantidade, somado sobre cada tipo de orla, dividido pelo logaritmo do número de tipo de mancha menos 1, multiplicado por 100 (expresso em percentagem). O seu valor aproxima-se de zero quando o tipo de mancha correspondente é adjacente apenas a um outro tipo de mancha e o número de tipo de mancha aumenta, sendo igual a 100 quando o tipo de mancha correspondente é igualmente adjacente a todos outros tipos de manchas. O índice de inter-dispersão e justaposição é indefinido se o número de tipos de manchas é inferior a 3.

Este é baseado em adjacências de manchas, e não à célula de adjacências como no cálculo do índice de contágio.

viii) Percentagem de Adjacência

O índice de percentagem de adjacência corresponde ao valor percentual dado pelo número de adjacências envolvendo a classe focal, dividido pelo número total de células de adjacências que envolvem a classe focal. Ele é igual a zero quando o tipo de mancha correspondente é maximamente desagregado e não existem adjacências, isto quando a

⁹ O índice de inter-dispersão e justaposição foi adoptado com base da designação de Pedro Casimiro (2002). Uso do solo, Teledetecção e Estrutura da Paisagem Ensaio Metodológico – Concelho de Mértola.

classe é subdividida em uma célula de manchas. A percentagem de adjacência aumenta há medida que o tipo de mancha torna-se mais agregado, de tal modo que a proporção de adjacência aumenta; e, é igual a 100 quando a paisagem é constituída por única mancha e todas adjacências estão entre a mesma classe e a paisagem contém uma orla composta inteiramente por uma mesma classe.

O índice de percentagem de adjacência é indefinido se a classe consiste numa única célula. É calculado a partir da matriz de adjacência, o que mostra a frequência com que diferentes pares de tipos de mancha aparecem lado a lado no mapa.

ix) Índice de Agregação

O índice de agregação corresponde ao valor percentual dado pelo número de adjacências que envolvem a classe correspondente, dividido pelo número máximo possível de adjacências que envolvem a mesma classe, o que é conseguido quando a classe é maximamente agregada em uma única mancha, compacta. Este índice é igual a zero quando o tipo de mancha focal é maximamente desagregado, aumenta a medida que o tipo de mancha focal é cada vez mais agregado e, é igual a 100 quando o tipo de mancha é maximamente agregado em uma única mancha, compacta. Ele é indefinido se a classe consiste de uma única célula.

O índice de agregação é calculado a partir da matriz de adjacência, o que mostra a frequência com que diferentes pares de tipos de mancha aparecem lado a lado no mapa.

x) Índice de Agrupamento

Este índice corresponde ao desvio proporcional da proporção de adjacências envolvendo a classe correspondente do que esperado sob uma distribuição espacial aleatória.

É expresso em percentagem. O índice de agrupamento é igual a menos 1 quando o tipo de mancha focal é maximamente desagregado e, é igual a zero quando o tipo de mancha focal é distribuído aleatoriamente. Aproxima-se de 1 quando o tipo de mancha focal é maximamente agregado. Realçar que o índice de agrupamento é igual a 1 apenas quando a paisagem consiste em uma única mancha e inclui uma orla composta da classe focal.

O índice de agrupamento é calculado a partir da matriz de adjacência, o que mostra a frequência com que diferentes pares de tipos de mancha aparecem lado a lado no mapa.

xi) Índice de Forma da Paisagem

O índice de forma da paisagem é igual ao produto da constante (.25) pelo somatório de todo o limite da paisagem e todos segmentos de orla dentro do limite da paisagem que envolve o tipo de mancha correspondente, incluindo algumas ou todas aquelas que fazem fronteira com o fundo, sendo dividido pela raiz quadrada da área total da paisagem.

Este índice é igual a 1 quando a paisagem é constituída por um único quadrado do tipo de mancha correspondente e, aumenta sem limite se a forma da paisagem tornar-se mais irregular.

O índice de forma da paisagem fornece uma medida padronizada da orla total ou densidade da orla que se ajusta ao tamanho da paisagem.

xii) Índice Normalizado da Forma da Paisagem

O índice normalizado da forma da paisagem é igual ao comprimento total da orla envolvendo a classe correspondente, dado em número de superfícies de células, menos o comprimento mínimo da orla da classe possível para uma classe máxima agregada, também dada em número de superfícies de células, o que é alcançada quando a classe é maximamente agregada em uma única mancha, compacta, dividida pelo máximo menos o comprimento mínimo da orla da classe.

Este índice é igual a zero quando a paisagem é constituída por um único quadrado maximamente compacto do tipo de mancha correspondente. Aumenta quando o tipo de mancha torna-se cada vez mais desagregado e é 1 quando o tipo de mancha é maximamente desagregado.

O índice normalizado da forma da paisagem é a versão normalizada do índice de forma da paisagem e, como tal, fornece uma medida simples de agregação de classe ou agrupamento.

xiii) Índice de Coesão da Mancha

O índice de coesão da mancha é igual a 1 menos a soma do perímetro da mancha, dividido pela soma do perímetro da mancha vezes a raiz quadrada da área da mancha para manchas do tipo de mancha correspondente, dividido por 1 menos 1 sobre a raiz quadrada do número total de células da paisagem, multiplicado por 100.

Aproxima-se de zero quando a proporção da paisagem é composta pelas diminuições da classe focal e torna-se mais subdividida e menos conectada fisicamente. Aumenta uniformemente como a proporção da paisagem composta da classe focal e, é dada como zero se a paisagem é constituída por uma única célula não-fundo, (*non-background*).

O índice de coesão da mancha mede a conexão física do tipo de mancha correspondente.

4.3 Métricas para a análise do padrão espacial: «Manchas»¹⁰

As métricas do padrão espacial «mancha» foram calculadas com base em métricas disponíveis no programa *Fragstats*, à semelhança do padrão espacial «classe» e «paisagem». Para este efeito foram calculados dois grupos de métricas que permitiram analisar a paisagem ao nível da mancha em dois grupos (Figura 16): **forma** (*shape*) e **agregação** (*aggregation*).

No que concerne às métricas de **forma** foram calculados os seguintes índices com a correspondente síntese explicativa: rácio perímetro-área, índice de dimensão fractal, índice de contiguidade.

¹⁰ O significado e a definição de cada métrica são explicitados tendo por base o manual de *Fragstats*. Ver em ANEXO fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Mancha» e suas respectivas fórmulas de cálculos.

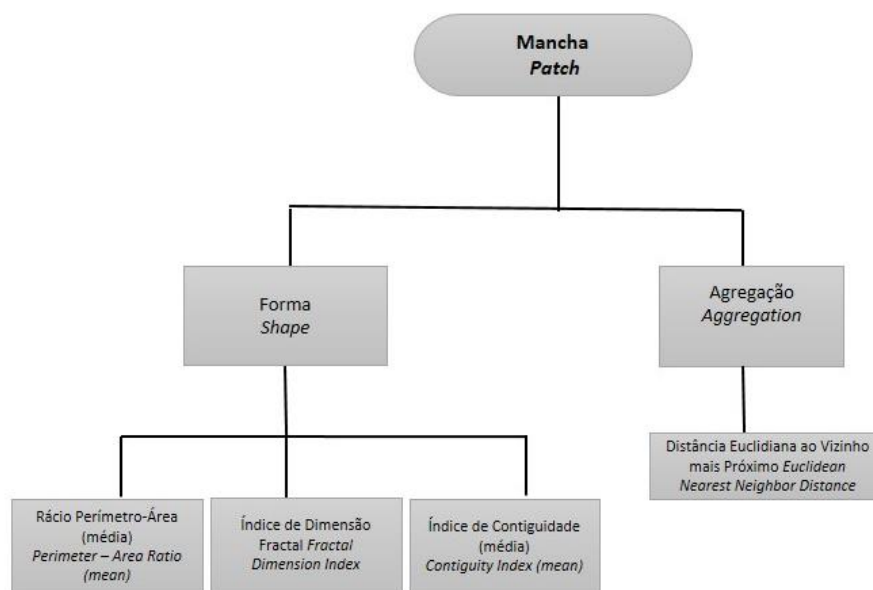


Figura 16 – Esquema representativo das métricas calculadas na análise do padrão espacial «Mancha».

i) Rácio Perímetro-Área

O rácio perímetro-área é igual a razão entre o perímetro da mancha pela área. É uma simples medida de complexidade da forma, mas sem padronização de uma forma euclidiana simples.

Um problema com esta métrica como um índice de forma é que ela varia com o tamanho da mancha.

ii) Índice de Dimensão Fractal

O índice de dimensão fractal é igual a 2 vezes o logaritmo do perímetro da mancha, dividido pelo logaritmo da área da mancha.

Esta é uma medida dimensional que varia no intervalo entre 1 e 2. Uma dimensão fractal maior que 1 numa mancha bidimensional (2D) indica um afastamento da geometria euclidiana (isto é, um aumento na complexidade da forma). O valor obtido é próximo de 1 para formas com perímetros muito simples e regulares, como quadrados, e tende

para 2 em formas com perímetros altamente convolucionados, por exemplo, perímetros de preenchimento do plano.

Este índice reflecte a complexidade da forma sobre um intervalo de escalas espaciais (tamanho da mancha).

iii) Índice de Contiguidade

O índice de contiguidade avalia a conexão espacial, ou contiguidade de células dentro de uma grelha da mancha da célula para fornecer um índice da configuração do limite da mancha e assim a forma da mancha.

Este índice é obtido a partir do cálculo da média do valor de contiguidade para as células numa mancha, isto é, o somatório dos valores das células dividido pelo número total de *pixels* na mancha, subtraído pelo valor 1, dividido pela soma dos valores do modelo menos 1. É igual a zero para uma mancha de um *pixel* e aumenta para o limite de 1 da contiguidade da mancha.

No que diz respeito a métricas de **agregação** ao nível da mancha foi apenas calculada a distância euclidiana ao vizinho mais próximo.

i) Distância Euclidiana ao Vizinho mais Próximo

O índice distância euclidiana ao vizinho mais próximo corresponde à distância para o vizinho mais próximo do mesmo tipo de mancha, com base na distância mais curta orla a orla, expresso em metros. O valor resultante aproxima-se de zero quando a distância ao vizinho mais próximo diminui, sendo indefinido quando a mancha não tem vizinhos, isto é, quando não há outras manchas da mesma classe.

A distância euclidiana ao vizinho mais próximo é das medidas mais simples de contexto da mancha e tem sido utilizada amplamente para quantificar o isolamento da mancha.

Capítulo IV – Análise de resultados: interpretação ecológica da paisagem

1. Análise do padrão espacial: «Paisagem»

No decurso da análise do padrão espacial baseado no cálculo das métricas de paisagem com recurso ao *software Fragstats*, efectuou-se uma análise em quatro quadrantes do município de Humpata (Nordeste, Noroeste, Sudeste e Sudoeste). Estes foram extraídos da carta de ocupação do solo de Humpata referente ao ano 2013 (Figura 12), a mesma compreende sete (7) classes distintas: água, áreas artificializadas, áreas agrícolas e pastagem, coberto herbáceo e arbustivo, vegetação arbustiva, floresta e solo exposto. O cálculo das métricas foi feito para cada um dos quadrantes e, nele foram aplicados índices a estas quatro áreas ou quadrantes que, por sinal, são quatro Paisagens distintas, apresentando resultados interessantes visto que os valores dos índices calculados permitem uma melhor classificação e fundamentação, permitindo comparar de uma forma quantificada e estrutural a Paisagem.

Para as métricas **área-orla (*area edge*)** os índices calculados e os resultados encontram-se descritos na tabela 1, a partir da qual constata-se que o quadrante Noroeste (NW) apresenta os valores mais altos referentes a área total, orla total e a densidade de orla ao nível da paisagem. Por outro lado, o índice de maior mancha, que quantifica a percentagem da paisagem composta pela maior mancha, encontra-se no quadrante Sudeste (SE).

Tabela 1 – Índices da métrica da área-orla (*area edge*) para o padrão espacial «Paisagem» referente aos quatro quadrantes do município de Humpata.

| Área - Orla <i>Area Edge</i> | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Quadrante | Área Total <i>Total Area</i> | Índice de Maior Mancha <i>Largest Patch Index</i> | Orla Total <i>Total Edge</i> | Densidade de Orla <i>Edge Density</i> |
| NW | 36026.3282 | 25.8098 | 3578763.4400 | 99.3374 |
| NE | 35417.3213 | 65.1146 | 3245429.0050 | 91.6339 |
| SE | 21085.8196 | 70.7998 | 1535474.0450 | 72.8202 |
| SW | 32221.3169 | 38.8424 | 3117470.3350 | 96.7518 |

No que se refere às métricas de **forma (*shape*)** dirigidas para a análise ao nível da «Paisagem», os valores dos diferentes índices demonstram as características

subjacentes no seu cálculo. De forma geral, os valores obtidos quase semelhantes revelam não apresentar irregularidades. Contudo, tendo em conta o índice de forma (média) que mede a complexidade da forma da mancha e, o índice de dimensão fractal (média) baseado na relação perímetro-área quantificando o grau de complexidade da forma, o quadrante Sudoeste (SW) apresenta uma maior complexidade de mancha. Quanto ao índice de contiguidade, baseado na ligação espacial da célula dentro da mancha, fornece o índice do limite da mancha e consequentemente a sua forma, revela-se maior no quadrante Sudeste (SE) sendo o menor valor apresentado no quadrante Noroeste (NW) (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados dos índices da métrica da forma (*shape*) para o padrão espacial «Paisagem» referente aos quatro quadrantes do município de Humpata.

| Forma Shape | | | | | |
|--------------------|--|---|---|---|--|
| Quadrante | Área-Perímetro Dimensão Fractal <i>Perimeter-Area Fractal Dimension</i> | Rácio Perímetro - Área (Média) <i>Perimeter - Area Ratio (Mean)</i> | Índice de Forma (Média) <i>Shape Index (Mean)</i> | Índice de Dimensão Fractal (Média) <i>Fractal Dimension Index (Mean)</i> | Índice de Contiguidade (Média) <i>Contiguity Index (Mean)</i> |
| NW | 1.3991 | 880.3679 | 1.2716 | 1.0453 | 0.3003 |
| NE | 1.3966 | 874.5806 | 1.2465 | 1.0435 | 0.3028 |
| SE | 1.3809 | 851.0895 | 1.2470 | 1.0431 | 0.3215 |
| SW | 1.3879 | 865.8051 | 1.2761 | 1.0468 | 0.3115 |

Por último, os resultados das métricas de **diversidade** (*diversity*) ao nível do padrão «Paisagem» (Tabela 3), integrando os índices que medem aspectos da estrutura e composição da paisagem, expressam a riqueza da mancha enquanto índice ligado aos diferentes tipos de manchas dentro do limite da paisagem, sendo que os valores são iguais nos quadrantes Noroeste (NW) e Nordeste (NE) identificando 7 classes; e, de igual modo, nos quadrantes Sudoeste (SW) e Sudeste (SE) com 6 classes cada. Quanto à diversidade, o quadrante Noroeste (NW) apresenta maior grau de diversidade comparando com os outros quadrantes.

Tabela 3 – Resultados dos índices da métrica de diversidade (*diversity*) para o padrão espacial «Paisagem» referente aos quatro quadrantes do município de Humpata.

| Diversidade <i>Diversity</i> | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Quadrante | Riqueza da Mancha <i>Patch Richness</i> | Densidade e Riqueza da Mancha <i>Patch Richness Density</i> | Índice de Diversidade de Shannon <i>Shannon's Diversity Index</i> | Índice de Diversidade de Simpson <i>Simpson's Diversity Index</i> | Índice Modificado de Diversidade de Simpson <i>Modified Simpson's Diversity Index</i> | Índice de Uniformidade de Shannon <i>Shannon's Evenness Index</i> | Índice de Uniformidade de Simpson <i>Simpson's Evenness Index</i> |
| NW | 7.0000 | 0.0194 | 1.1618 | 0.6129 | 0.9490 | 0.5971 | 0.7150 |
| NE | 7.0000 | 0.0198 | 0.9460 | 0.4911 | 0.6755 | 0.4861 | 0.5730 |
| SE | 6.0000 | 0.0285 | 0.7723 | 0.4235 | 0.5508 | 0.4310 | 0.5082 |
| SW | 6.0000 | 0.0186 | 1.1080 | 0.5971 | 0.9091 | 0.6184 | 0.7165 |

2. Análise do padrão espacial: «Classes»

Os resultados relativos ao cálculo das métricas do padrão espacial «Classe» indicados nas tabelas 4, 5 e 6, consideram um número de índices superiores aos contemplados na análise do padrão «Paisagem», designadamente: as métricas da **área-orla** (*area edge*), da **forma** (*shape*) e de **agregação** (*aggregation*).

Para as métricas de **área-orla** ao nível da «classe» foram calculados vários índices (Tabela 4) cujos resultados nos permitem salientar a tendência geral para a variedade em termos de área total para cada classe, das sete discriminadas na carta de ocupação do solo em cada quadrante, sendo a classe vegetação arbustiva a mais representativa dentro dos quatro quadrantes. Esta revela-se também a classe com maior peso percentual na paisagem, assumindo os valores mais altos em termos de índice de maior mancha, orla total, densidade da orla e área da mancha.

Considerado como uma medida da distância média de um organismo poder mover-se dentro de uma mancha antes de encontrar o limite da mancha, o raio de rotação é maior na classe água, sendo os quadrantes Nordeste (NE) e Noroeste (NW) com maiores valores.

No que concerne às métricas da **forma** ao nível da «classe» (Tabela 5), foram calculados os mesmos índices que os do padrão «Paisagem», com excepção do índice de relação com círculo circunscrito. Os valores dos índices nas classes vai variando, em função disso algumas manchas vão apresentar maior complexidade na forma da mancha do que outras. No quadrante Noroeste (NW) para o índice de forma que mede a complexidade da forma da mancha, verifica-se maior complexidade da mancha na classe áreas agrícolas e pastagem. Quanto ao índice de relação com círculo circunscrito (média), que fornece a medida de alongamento global da mancha e que também apresenta grande utilidade para distinguir manchas é maior na classe água. Para o quadrante Nordeste (NE) verifica-se maior complexidade nas manchas da classe água e também maior valor para a área de círculo circunscrito. No quadrante Sudeste (SE) existe maior complexidade na classe áreas agrícolas e pastagem a semelhança do quadrante Noroeste (NW) e, a classe vegetação arbustiva apresenta maior complexidade no quadrante Sudoeste (SW), quanto ao valor de círculo circunscrito é maior na classe áreas agrícolas e pastagem.

Para as métricas de **agregação** que refere a tendência de tipos de manchas serem espacialmente agregados, os resultados dos índices (Tabela 6) mostram-nos o seguinte: a classe água no quadrante Noroeste (NW) apresenta a maior distância média entre manchas. Considerado para um particular tipo de mancha uma medida simples de extensão da subdivisão ou fragmentação do tipo de mancha o número de manchas é maior do quadrante Nordeste (NE), sendo eles para a classe coberto herbáceo e arbustivo. Baseado na adjacências de manchas o valor máximo de inter-dispersão verifica-se no quadrante Sudoeste (SW), na classe áreas artificializadas.

Fornecendo uma medida padronizada da orla total ou densidade da orla o índice de forma da mancha é maior no quadrante Nordeste (NE) nas áreas agrícolas e pastagem e, para o índice de coesão da mancha que mede a conexão física da mancha é maior no quadrante Sudeste (SE) para as manchas da classe vegetação arbustiva.

Tabela 4 – Índices da métrica da área-orla (*area edge*) para o padrão espacial «Classe» referente aos quatro quadrantes do município de Humpata.

| Área - Orla <i>Area Edge</i> | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|---------------------------------|--|--|---------------------------------|--|--|--|
| Quadrante | Tipo_Classe | Área Total <i>Total Area</i> | Percentagem da Paisagem <i>Percentage of Landscape</i> | Índice de Maior Mancha <i>Largest Patch Index</i> | Orla Total <i>Total Edge</i> | Densidade da Orla <i>Edge Density</i> | Área da Mancha (Média) <i>Patch Area (Mean)</i> | Raio de Rotação (Média) <i>Radius of Gyration (Mean)</i> |
| NW | cls_1 | 33.9187 | 0.0941 | 0.0864 | 4079.3200 | 0.1132 | 11.3062 | 123.9152 |
| | cls_2 | 138.0140 | 0.3831 | 0.0342 | 89085.1500 | 2.4728 | 0.4286 | 24.3318 |
| | cls_3 | 6612.0754 | 18.3535 | 4.2193 | 1654644.1800 | 45.9287 | 3.8110 | 50.5575 |
| | cls_4 | 7582.0420 | 21.0458 | 4.9660 | 1864969.1200 | 51.7668 | 4.0874 | 46.4885 |
| | cls_5 | 19985.5765 | 55.4749 | 25.8098 | 2867701.9700 | 79.6002 | 13.0796 | 47.1648 |
| | cls_6 | 391.7294 | 1.0873 | 0.1408 | 194907.5100 | 5.4101 | 0.7447 | 30.1787 |
| | cls_7 | 1282.9722 | 3.5612 | 0.3117 | 482139.6300 | 13.3830 | 1.4130 | 38.1124 |
| NE | cls_1 | 69.7268 | 0.1969 | 0.1969 | 5039.1600 | 0.1423 | 69.7268 | 431.9416 |
| | cls_2 | 169.3235 | 0.4781 | 0.0259 | 119200.1300 | 3.3656 | 0.3956 | 23.7976 |
| | cls_3 | 6462.6352 | 18.2471 | 1.5889 | 1874147.5900 | 52.9161 | 3.4248 | 53.1377 |
| | cls_4 | 3721.2493 | 10.5069 | 0.8591 | 1357213.7600 | 38.3206 | 1.4993 | 36.1713 |
| | cls_5 | 24126.3559 | 68.1202 | 65.1146 | 2716137.2350 | 76.6895 | 28.3839 | 44.8565 |
| | cls_6 | 97.1676 | 0.2744 | 0.0216 | 64939.1750 | 1.8335 | 0.4117 | 24.3426 |
| | cls_7 | 770.8630 | 2.1765 | 0.1133 | 354180.9600 | 10.0002 | 0.9112 | 32.4012 |
| SE | cls_2 | 16.6445 | 0.0789 | 0.0068 | 13317.7800 | 0.6316 | 0.2870 | 21.4346 |
| | cls_3 | 4652.7987 | 22.0660 | 2.3570 | 1154627.5300 | 54.7585 | 3.7889 | 50.8949 |
| | cls_4 | 637.6174 | 3.0239 | 0.1549 | 300429.9200 | 14.2480 | 0.8893 | 31.8718 |
| | cls_5 | 15256.3933 | 72.3538 | 70.7998 | 1378870.1500 | 65.3932 | 50.0210 | 62.6295 |
| | cls_6 | 395.7780 | 1.8770 | 0.3823 | 183329.4400 | 8.6944 | 0.9724 | 33.4592 |
| | cls_7 | 71.3462 | 0.3384 | 0.0329 | 40373.2700 | 1.9147 | 0.6046 | 29.0346 |
| SW | cls_2 | 12.3259 | 0.0383 | 0.0034 | 10288.2850 | 0.3193 | 0.2568 | 20.3086 |
| | cls_3 | 6827.8235 | 21.1904 | 3.5836 | 1650264.9100 | 51.2166 | 3.3388 | 44.9613 |
| | cls_4 | 1183.2855 | 3.6724 | 0.3437 | 519813.3500 | 16.1326 | 1.2001 | 36.8176 |
| | cls_5 | 18379.4320 | 57.0412 | 38.8424 | 2622612.8250 | 81.3937 | 17.9662 | 51.8532 |
| | cls_6 | 5566.8939 | 17.2771 | 2.8135 | 1327038.7900 | 41.1851 | 3.7716 | 49.8103 |
| | cls_7 | 196.3145 | 0.6093 | 0.0902 | 104922.5100 | 3.2563 | 0.6544 | 28.8615 |

Tabela 5 – Índices da métrica da forma (*shape*) para o padrão espacial «Classe» referente aos quatro quadrantes do município de Humpata.

| Forma <i>Shape</i> | | | | | | | |
|--------------------|-------------|---|---|---|--|--|---|
| Quadrante | Tipo_Classe | Área-Perímetro Dimensão Fractal <i>Perimeter-Area Fractal Dimension</i> | Rácio Perímetro - Área (Média) <i>Perimeter - Area Ratio (Mean)</i> | Índice de Forma (Média) <i>Shape Index (Mean)</i> | Índice de Dimensão Fractal (Média) <i>Fractal Dimension Index (Mean)</i> | Relação com Círculo Circunscrito (Média) <i>Related Circumscribing Circle (Mean)</i> | Índice de Contiguidade (Média) <i>Contiguity Index (Mean)</i> |
| NW | cls_1 | N/A | 339.5373 | 1.2509 | 1.0474 | 0.5660 | 0.7077 |
| | cls_2 | 1.3783 | 1049.2913 | 1.1178 | 1.0307 | 0.3370 | 0.1810 |
| | cls_3 | 1.3949 | 832.5084 | 1.3157 | 1.0499 | 0.4404 | 0.3352 |
| | cls_4 | 1.4155 | 881.5941 | 1.2937 | 1.0459 | 0.4116 | 0.2999 |
| | cls_5 | 1.4240 | 887.2030 | 1.2950 | 1.0462 | 0.4180 | 0.2956 |
| | cls_6 | 1.3478 | 918.4436 | 1.1576 | 1.0353 | 0.3923 | 0.2710 |
| | cls_7 | 1.3563 | 877.6351 | 1.2235 | 1.0446 | 0.4317 | 0.3002 |
| NE | cls_1 | N/A | 80.0133 | 1.6607 | 1.0763 | 0.7767 | 0.9312 |
| | cls_2 | 1.3865 | 1016.4714 | 1.1133 | 1.0297 | 0.3479 | 0.1988 |
| | cls_3 | 1.4223 | 766.1202 | 1.3486 | 1.0534 | 0.4656 | 0.3819 |
| | cls_4 | 1.3946 | 907.3440 | 1.2195 | 1.0412 | 0.4006 | 0.2795 |
| | cls_5 | 1.4151 | 891.2739 | 1.2735 | 1.0441 | 0.4147 | 0.2919 |
| | cls_6 | 1.3425 | 989.0544 | 1.1130 | 1.0295 | 0.3603 | 0.2171 |
| | cls_7 | 1.3491 | 900.8292 | 1.1749 | 1.0382 | 0.4097 | 0.2818 |
| SE | cls_2 | 1.3100 | 1024.0409 | 1.0827 | 1.0239 | 0.3344 | 0.1916 |
| | cls_3 | 1.3975 | 767.0873 | 1.3095 | 1.0499 | 0.4558 | 0.3815 |
| | cls_4 | 1.3699 | 953.3491 | 1.1816 | 1.0365 | 0.3674 | 0.2503 |
| | cls_5 | 1.4013 | 818.6510 | 1.2958 | 1.0452 | 0.4492 | 0.3444 |
| | cls_6 | 1.3740 | 901.0052 | 1.1911 | 1.0384 | 0.4005 | 0.2837 |
| | cls_7 | 1.3259 | 930.5925 | 1.1410 | 1.0332 | 0.3852 | 0.2641 |
| SW | cls_2 | 1.3411 | 1064.4872 | 1.0746 | 1.0218 | 0.3000 | 0.1626 |
| | cls_3 | 1.3860 | 869.2209 | 1.2800 | 1.0485 | 0.4367 | 0.3082 |
| | cls_4 | 1.3986 | 888.7926 | 1.2422 | 1.0449 | 0.4163 | 0.2947 |
| | cls_5 | 1.4092 | 869.8677 | 1.3110 | 1.0464 | 0.4255 | 0.3100 |
| | cls_6 | 1.3799 | 831.6817 | 1.3051 | 1.0497 | 0.4361 | 0.3380 |
| | cls_7 | 1.3066 | 889.2134 | 1.1317 | 1.0334 | 0.3985 | 0.2888 |

Tabela 6 – Índices da métrica da agregação (*aggregation*) para o padrão espacial «Classe» referente aos quatro quadrantes do município de Humpata.

| Agregação Aggregation | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|---|---|---|--|---|---|---|
| Quadrante | Tipo_Classe | Distância Euclidiana ao Vizinho mais Próximo (Média) <i>Euclidean Nearest Neighbor Distance (Mean)</i> | Número de Manchas <i>Number of Patches</i> | Densidade da Mancha <i>Patch Density</i> | Índice de Divisão da Paisagem <i>Landscape Division Index</i> | Índice de Divisão <i>Splitting Index</i> | Tamanho Efectivo da Malha <i>Effective Mesh Size</i> | Índice de Inter- dispersão e Justaposição <i>Interspersion & Juxtaposition Index</i> |
| NW | cls_1 | 2752.4087 | 3.0000 | 0.0083 | 1.0000 | 1332388.6412 | 0.0270 | 48.7479 |
| | cls_2 | 269.3964 | 322.0000 | 0.8938 | 1.0000 | 2648250.6107 | 0.0136 | 65.8448 |
| | cls_3 | 104.6248 | 1735.0000 | 4.8159 | 0.9979 | 474.7081 | 75.8915 | 51.7664 |
| | cls_4 | 103.5829 | 1855.0000 | 5.1490 | 0.9964 | 274.0155 | 131.4755 | 44.4966 |
| | cls_5 | 81.6044 | 1528.0000 | 4.2413 | 0.8976 | 9.7616 | 3690.6357 | 61.2998 |
| | cls_6 | 190.5740 | 526.0000 | 1.4600 | 1.0000 | 305338.1121 | 0.1180 | 43.1867 |
| | cls_7 | 156.0855 | 908.0000 | 2.5204 | 1.0000 | 38074.5656 | 0.9462 | 67.0289 |
| NE | cls_1 | N/A | 1.0000 | 0.0028 | 1.0000 | 258007.6315 | 0.1373 | 59.9994 |
| | cls_2 | 216.3841 | 428.0000 | 1.2084 | 1.0000 | 4012579.8459 | 0.0088 | 64.7507 |
| | cls_3 | 101.2455 | 1887.0000 | 5.3279 | 0.9994 | 1596.6715 | 22.1820 | 37.0955 |
| | cls_4 | 110.5720 | 2482.0000 | 7.0079 | 0.9998 | 5738.1791 | 6.1722 | 48.2320 |
| | cls_5 | 76.2069 | 850.0000 | 2.4000 | 0.5760 | 2.3585 | 15017.1741 | 56.5697 |
| | cls_6 | 311.3135 | 236.0000 | 0.6663 | 1.0000 | 7618023.4809 | 0.0046 | 49.2710 |
| | cls_7 | 165.6773 | 846.0000 | 2.3887 | 1.0000 | 171460.6955 | 0.2066 | 63.4003 |
| SE | cls_2 | 667.9217 | 58.0000 | 0.2751 | 1.0000 | 48393791.3877 | 0.0004 | 77.7486 |
| | cls_3 | 103.3929 | 1228.0000 | 5.8238 | 0.9983 | 587.8848 | 35.8673 | 30.1747 |
| | cls_4 | 161.2000 | 717.0000 | 3.4004 | 1.0000 | 71858.0828 | 0.2934 | 48.4061 |
| | cls_5 | 83.7958 | 305.0000 | 1.4465 | 0.4987 | 1.9949 | 10569.6238 | 50.0409 |
| | cls_6 | 189.2396 | 407.0000 | 1.9302 | 1.0000 | 55927.6670 | 0.3770 | 40.6901 |
| | cls_7 | 478.6867 | 118.0000 | 0.5596 | 1.0000 | 2630475.2275 | 0.0080 | 78.7972 |
| SW | cls_2 | 881.4609 | 48.0000 | 0.1490 | 1.0000 | 168985457.1225 | 0.0002 | 83.3351 |
| | cls_3 | 102.7630 | 2045.0000 | 6.3467 | 0.9975 | 405.9797 | 79.3668 | 49.6691 |
| | cls_4 | 153.1939 | 986.0000 | 3.0601 | 1.0000 | 41633.5448 | 0.7739 | 52.5807 |
| | cls_5 | 81.3114 | 1023.0000 | 3.1749 | 0.8363 | 6.1080 | 5275.2397 | 66.6079 |
| | cls_6 | 107.9838 | 1476.0000 | 4.5808 | 0.9985 | 663.3678 | 48.5723 | 36.6801 |
| | cls_7 | 272.8501 | 300.0000 | 0.9311 | 1.0000 | 912856.3027 | 0.0353 | 72.9302 |

| Agregação Aggregation | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|---|---|--|---|--|---|
| Quadrante | Tipo_Classe | Percentagem de Adjacências <i>Percentage of Like Adjacencies</i> | Índice de Agregação <i>Aggregation Index</i> | Índice de Agrupamento <i>Clumpiness Index</i> | Índice de Forma da Paisagem <i>Landscape Shape Index</i> | Índice Normalizado da Forma da Paisagem <i>Normalized Landscape Shape Index</i> | Índice de Coesão da Mancha <i>Patch Cohesion Index</i> |
| NW | cls_1 | 89.7878 | 94.6853 | 0.9468 | 1.9744 | 0.0531 | 93.5786 |
| | cls_2 | 51.3690 | 52.7267 | 0.5254 | 18.8861 | 0.4727 | 70.4099 |
| | cls_3 | 81.0102 | 81.3106 | 0.7711 | 51.4033 | 0.1869 | 96.8676 |
| | cls_4 | 81.3837 | 81.6652 | 0.7678 | 54.0052 | 0.1833 | 97.8670 |
| | cls_5 | 88.9507 | 89.1399 | 0.7561 | 52.0562 | 0.1346 | 99.6401 |
| | cls_6 | 61.5985 | 62.5466 | 0.6213 | 25.3333 | 0.3745 | 81.9234 |
| | cls_7 | 71.6760 | 72.2817 | 0.7126 | 33.7992 | 0.2772 | 88.5088 |
| NE | cls_1 | 94.0000 | 97.5234 | 0.9752 | 1.6607 | 0.0248 | 96.5618 |
| | cls_2 | 46.8916 | 48.0011 | 0.4775 | 22.9770 | 0.5200 | 66.7539 |
| | cls_3 | 78.0450 | 78.3378 | 0.7350 | 58.7356 | 0.2166 | 95.0224 |
| | cls_4 | 72.3242 | 72.6818 | 0.6947 | 56.2506 | 0.2732 | 91.8406 |
| | cls_5 | 91.3777 | 91.5546 | 0.7351 | 44.6361 | 0.1797 | 99.9245 |
| | cls_6 | 49.5833 | 51.1461 | 0.5101 | 16.5000 | 0.4885 | 64.4005 |
| | cls_7 | 65.1085 | 65.8230 | 0.6506 | 32.1452 | 0.3418 | 82.7914 |
| SE | cls_2 | 40.0000 | 43.2749 | 0.4323 | 7.9286 | 0.5673 | 51.2857 |
| | cls_3 | 81.0771 | 81.4353 | 0.7618 | 43.0154 | 0.1856 | 95.8190 |
| | cls_4 | 64.3149 | 65.0910 | 0.6400 | 29.9290 | 0.3491 | 83.8915 |
| | cls_5 | 92.8461 | 93.0722 | 0.7494 | 29.4442 | 0.1788 | 99.9343 |
| | cls_6 | 64.5829 | 65.5741 | 0.6492 | 23.4286 | 0.3443 | 87.2750 |
| | cls_7 | 56.9357 | 59.0582 | 0.5892 | 11.9825 | 0.4094 | 73.2999 |
| | cls_7 | 56.9357 | 59.0582 | 0.5892 | 11.9825 | 0.4094 | 73.2999 |
| SW | cls_2 | 36.4964 | 40.0000 | 0.3998 | 7.2500 | 0.6000 | 48.9381 |
| | cls_3 | 81.6063 | 81.9036 | 0.7704 | 50.6679 | 0.1810 | 96.8476 |
| | cls_4 | 66.5336 | 67.1205 | 0.6587 | 38.2739 | 0.3288 | 88.3925 |
| | cls_5 | 88.8689 | 89.0660 | 0.7455 | 50.3075 | 0.1436 | 99.7523 |
| | cls_6 | 81.4974 | 81.8267 | 0.7803 | 45.9779 | 0.1817 | 96.5526 |
| | cls_7 | 59.6929 | 61.0070 | 0.6077 | 18.7128 | 0.3899 | 75.7390 |
| | cls_7 | 59.6929 | 61.0070 | 0.6077 | 18.7128 | 0.3899 | 75.7390 |

3. Análise do padrão espacial: «Manchas»

No que concerne às métricas aplicadas na análise do padrão espacial «Manchas» foram seleccionados apenas três (3) índices de **forma (*shape*)** e um (1) de medida de **agregação (*aggregation*)**.

Na análise do padrão espacial «Mancha», para além dos resultados aqui apresentados, urge a necessidade de abordar o conceito de fragmentação por se apresentar como um aspecto característico na paisagem da área de estudo (município de Humpata). Assim sendo, na acepção de Leitão e Ahern (2002), citado por Cruz, Madureira e Marques (2013:58), a fragmentação dos habitats é um “processo comum relacionado com a alteração da paisagem e afecta tanto a sua estrutura como função”. Portanto, o termo fragmentação é utilizado para descrever um estado ou um processo de alteração de habitats. Uma paisagem pode ser categorizada como qualitativamente contínua ou fragmentada, onde a paisagem fragmentada representa o ponto de extremidade do processo de fragmentação.

De acordo com Hunter (1996), citado por Cruz, Madureira e Marques (2013:58), “este processo resulta numa alteração do desenho ou da disposição espacial dos habitats ao longo do tempo, e o mesmo compreende três componentes espaciais: redução do tamanho dos habitats; aumento do número de manchas; e aumento do seu isolamento e perda de conectividade”. Para o mesmo autor a perda de habitat é comum a todos os processos de fragmentação desse habitat. Com efeito, a divisão de uma área além de reduzir a sua dimensão, altera a forma natural e o número de manchas dos habitats. Também repercutem-se no aumento da razão entre o perímetro e a área, criando assim uma maior proporção de habitat situado perto da orla, tornando-a mais vulnerável a perturbações. O isolamento resulta do aumento da distância entre fragmentos.

Diante disso, o elevado índice de manchas na paisagem resultante dos cálculos de métricas em *Fragstats*, mostram-nos de certa forma o elevado grau de fragmentação da paisagem no município de Humpata, fazendo dele um mosaico quase sem continuidade na paisagem entre as distintas classes.

Os resultados dos índices para as métricas de análise do padrão «Mancha» foram obtidos a partir do cálculo da média global do valor das manchas por classe para os índices acima referenciados (conforme disposto nas tabelas 7 e 8). Assim sendo, os resultados mostram-nos o seguinte: para os índices de **forma** ao nível da mancha, olhando para os valores da média global a complexidade da mancha é maior no quadrante Noroeste (NW) tendo em conta o índice rácio perímetro-área que mede a complexidade de forma da mancha, variando em função do tamanho da mancha e é menor ou baixa no quadrante Sudeste (SE). Os valores obtidos para o índice de dimensão fractal indicam uma variação na complexidade das manchas e da paisagem (tamanho da mancha), sendo o valor máximo para o quadrante Sudoeste (SW), mínimos nos quadrantes Sudeste (SE) e Nordeste (NE). Quanto ao índice de contiguidade a média global é maior do quadrante Sudeste (SE) avaliando assim maior conexão espacial para as manchas deste quadrante. É menor no quadrante Noroeste (NW).

Tabela 7 – Média global dos índices da métrica da forma (*shape*) para o padrão espacial «Mancha» referente aos quatro quadrantes do município de Humpata.

| Quadrante | Forma <i>Shape</i> Média Global | | |
|-----------|---|--|---|
| | Rácio Perímetro-Área <i>Perimeter - Area Ratio</i> | Índice de Dimensão Fractal <i>Fractal Dimension Index</i> | Índice de Contiguidade <i>Contiguity Index</i> |
| NW | 880,3679 | 1,0453 | 0,3003 |
| NE | 874,5806 | 1,0435 | 0,3028 |
| SE | 851,0895 | 1,0431 | 0,3215 |
| SW | 865,8051 | 1,0468 | 0,3115 |

Para as métricas de **agregação** os resultados da média global mostram que a distância média entre as manchas é maior no quadrante Sudeste (SE) apresentando desta forma um maior isolamento entre as manchas. E mais agregadas no quadrante Noroeste (NE) onde a distância média entre as manchas é menor.

Tabela 8 – Média global dos índices da métrica da agregação (*aggregation*) para o padrão espacial «Mancha» referente aos quatro quadrantes do município de Humpata.

| Agregação <i>Aggregation</i> | |
|-------------------------------------|--|
| Média Global | |
| Quadrante | Distância Euclidiana ao Vizinho mais Próximo <i>Euclidean Nearest Neighbor Distance</i> |
| NW | 121,4676 |
| NE | 124,3144 |
| SE | 155,4358 |
| SW | 123,8398 |

Capítulo V – Discussão e Conclusões

De acordo a carta de ocupação do solo de Humpata podemos constatar a diversidade dominante na paisagem distribuída de acordo com sete (7) classes bem discriminadas, constituídas por: manchas de água, áreas artificializadas, áreas agrícolas e pastagem, coberto herbáceo e arbustivo, vegetação arbustiva, floresta e solo exposto. De um modo geral, e tendo em conta os resultados da análise, podemos notar que a paisagem de Humpata apresenta-se heterogénea, sendo que, uma das características na sua estrutura é o elevado grau de fragmentação.

A elevada fragmentação que se verifica na maior parte da paisagem de Humpata faz com que, em alguns casos, a conectividade seja fraca, traduzindo a pouca capacidade da paisagem facilitar os fluxos de organismos (espécies), ou em outras palavras existem poucos “*pontos de ligação ou trampolins ecológicos*” (*stepping stone*).

O trabalho desenvolvido a partir da abordagem metodológica apresentada revela-se como um contributo à análise da paisagem do município de Humpata (Angola), com base no cálculo de métricas de paisagem com recurso ao *Fragstats*, sobre uma carta de ocupação do solo. A referida análise serviu de suporte à compreensão sobre natureza qualitativa e quantitativa dos elementos que compõem a paisagem, bem como a sua distribuição física e espacial, permitindo, assim, uma percepção sobre a estrutura da paisagem na área de estudo, baseada no cálculo de alguns índices agrupados segundo as métricas de **área, forma, agregação e diversidade** para análise ao nível da mancha, da classe e da paisagem.

Esta análise permitiu compreender como as manchas variam, quer ao nível da «classe» quer ao nível da «paisagem», considerando as distintas classes discriminadas na carta de ocupação do solo entre os quatros quadrantes (Noroeste, Nordeste, Sudeste e Sudoeste). Esta variação pode ser facilmente notada a partir de uma análise com base na comparação dos resultados apresentados, por exemplo, entre a área da paisagem, forma da mancha, número de manchas, distâncias entre as manchas.

Assim sendo, podemos extrapolar as seguintes ideias síntese sob forma de considerações finais:

O presente estudo permite-nos fazer uma comparação entre a paisagem nos três níveis de análise (mancha, classe e paisagem) nos diferentes quadrantes que formam o município de Humpata, e desta análise ficamos a saber que a maior área total da paisagem pertence ao quadrante Noroeste (NW), quanto a classe a maior área total encontra-se no quadrante Nordeste (NE) referente a vegetação arbustiva. Dizer que a vegetação arbustiva também ocupa maior área nos restantes três quadrantes, o que nos mostra que a vegetação arbustiva é a classe de maior dominância, ocupando também maior percentagem da paisagem, maior índice de mancha, orla total e densidade da orla na região de Humpata.

Quanto à forma das manchas nas distintas classes, existe uma certa variação entre as classes sendo que algumas apresentam um grau de complexidade maior que as outras em cada um dos quadrantes. Por exemplo, para o quadrante Noroeste (NE) verifica-se maior complexidade da mancha nas áreas agrícolas e pastagem já, no quadrante Sudoeste (SW) a maior complexidade da mancha verifica-se na vegetação arbustiva.

Outro aspecto de realce verificado na análise dos resultados é o elevado grau de fragmentação da paisagem e, como já referido na análise do padrão «Mancha», este processo faz com que a paisagem se apresente praticamente como um mosaico não havendo continuidade na paisagem entre as distintas classes.

A análise da paisagem com base nos cálculos em métricas de paisagem apresenta-se como uma ferramenta importante na gestão e no ordenamento do território. Se tivermos em conta que a imagem dos Territórios está relacionada com a sua Paisagem, logo, a análise da paisagem por intermédio de cálculos em métricas nos dará uma melhor percepção ou interpretação do território, diferente da visual mais mostrando uma visão real dum determinado território, mostrando desta forma ser um instrumento que facilita a gestão e ordenamento do território e ambiente.

Por último, refira-se que foi cumprido o objectivo principal que era o de avaliar ou caracterizar a paisagem no Município de Humpata, sendo que os resultados apresentados fruto da análise dos cálculos com o *software Fragstats* deram-nos uma ideia sobre a estrutura da paisagem de Humpata.

Por outro lado, salienta-se que durante a realização do trabalho surgiram algumas limitações que se prendem, nomeadamente:

- Com o elevado número de métricas calculadas pelo *Fragstats*;
- A grande quantidade de registos nas tabelas de atributos, calculados ao nível da mancha, o que leva a calcular medidas globais das manchas por quadrantes, diminuindo, assim, o grau de análise para as métricas de mancha;
- Uma outra limitação prende-se com a dificuldade na interpretação de certos índices.

Contudo, fica a sugestão de em trabalhos futuros procurar *softwares* ou ferramentas que façam um melhor tratamento das métricas ao nível da mancha.

Referências bibliográficas

Abreu, C. A., Correia, T. P., Oliveira, R. (2001). Identificação de Unidades de Paisagem: Metodologia aplicada a Portugal Continental. *Finisterra*, Vol. XXXVI, Nº 72, pp. 195-206.

<http://www.researchgate.net/publication/260389211>

Aragón, L. *et al.* (2012). NDVI-rainfall relationship using hyper-temporal satellite data in a portion of North Central Mexico (2000-2010). *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 7 Nº 6, pp. 1023-1033.

Casimiro, P. C. (2002). Uso do solo, Teledetecção e Estrutura da Paisagem Ensaio Metodológico – Concelho de Mértola. Dissertação de Doutoramento Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa.

Concepción, E. D. *et al.* (2012). Interactive effects of landscape context constrain the effectiveness of local agri-environmental management. *Journal of Applied Ecology*, Nº 49, pp. 695-705.

Costanza, R., Voinov, A. (2004). Landscape Simulation Modeling: A Spatially explicit, dynamic approach. Springer-Verlag New York.

Cruz, C., Madureira, H., Marques, J. (2013). Análise espacial e estudo da fragmentação da Paisagem da Aboboreira. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, Nº 4 (dezembro). Lisboa: Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, pp. 57-82.

Decreto nº 4/2005. Convenção Europeia da Paisagem, Florença 20 de Outubro de 2000. <http://www.qddc.pt/siii/docs/dec4-2005.pdf>

Dikou, A., Papapanagiotou, E., Troumbis, A. (2011). Integrating Landscape Ecology and Geoinformatics to Decipher Landscape Dynamics for Regional Planning. *Environmental Management*, Nº 48, pp. 523-538.

Diniz, A. C. (2006). Características Mesológicas de Angola. (2ª Ed.) IPAD, Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento.

Fadigas, L. (2011). Fundamentos Ambientais do Ordenamento do Território e da Paisagem. (2ª Ed.) Sílabo, Lda.

Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol. 34, pp. 487-515.

Feio, M. (1981). O Relevo do Sudoeste de Angola – Estudo de geomorfologia. Segunda serie, nº 67.

Filho, B. S. S. (1998). Análise de Paisagem: Fragmentação e Mudanças. Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento Remoto – Instituto de Geociências – UFMG.

Forman, R., Godron, M. (1986). Landscape Ecology. Nova Iorque, John Wiley & Sons, pp. 3-17.

Forman, R. (1995). Land Mosaics – The ecology of landscape and regions. Cambridge University Press.

Governo da Província da Huíla (2011). RELATÓRIO DO GOVERNO PROVINCIAL DA HUÍLA; Sobre as Actividades Desenvolvidas, 1º Trimestre.

Instituto Nacional de Estatística-INE (2014). Resultados Preliminares do Recenseamento Geral da População e da Habitação de Angola. Instituto Nacional de Estatística, Luanda – Angola, 116p.

Kapustka, L., Galbraith, H., Luxon, M., Biddinger, G. (2004). Landscape Ecology and Wildlife Habitat Evaluation: Critical Information for Ecological Risk Assessment, Land-Use Management Activities, and Biodiversity Enhancement. ASTM International, West Conshohocken.

Machado, J. P. (1981). Grande Dicionário da Língua Portuguesa. Amigos do Livro, Editores, Lda. Volume VIII, 295p.

Magalhães, M. R., Abreu, M. M., Lousã, M., Cortez, N. (2007). Estrutura Ecológica da Paisagem, Conceitos e Delimitação – escala regional e municipal. Lisboa: ISAPress.

McGarigal, K., Marks, B.J. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for

quantifying landscape structure. *U.S. Forest Service General Technical Report*, PNW 351.

Medeiros, C. A. (1976). *A Colonização das Terras Altas da Huíla (Angola)*. Lisboa: Memórias, Centro de Estudos Geográficos.

Melaas, E. K., Friedl, M. A., Zhu, Z. (2013). Detecting interannual variation in deciduous broadleaf forest phenology using Landsat TM/ETM+ data. *Remote Sensing of Environment* (journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse), pp. 176-185.

Porto, M. L. M. (2012). *Análise da Evolução da Ocupação do Solo no Sítio de Importância Comunitária do Cabeção – Freguesia de Galveias na Perspectiva da Conservação dos Habitats Naturais*. Dissertação de Mestrado, Escola Superior Agrária de Castelo Branco – Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Raumann, C. G., Soulard, C. E. (2007). Geographic Analysis and Monitoring Program Land-Cover Trends in the Sierra Nevada Ecoregion, (1973-2000). *Scientific Investigations Report*, 5011.

Real Academia Española (1947). *Diccionario de la Lengua Española*. Espasa – Calpes, S. A. DécimoSéptima Edición, 928p.

Ribeiro, J. (2007). *A Detecção Remota no Inventário Florestal: Análise das potencialidades da utilização das imagens de satélite*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação – Universidade Nova de Lisboa, Portugal.

Saura, S., Castro, S. (2007). Scaling functions for landscape pattern metrics derived from remotely sensed data: Are their subpixel estimates really accurate? *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Nº 62, pp. 201-216.

Senegal Land Cover Mapping, (2008). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Soulard, C. E., Raumann, C. G., Wilson, T. S. (2007). Land-Cover Trends of the Southern California Mountains Ecoregion. *Scientific Investigations Report*, 5235.

Yang, X. (ed), 2009. Remote Sensing and Geospatial Technologies for Coastal Ecosystem Assessment and Management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Teixeira, F. R. (2008). Detecção de Mudanças na Paisagem em Área de Floresta Tropical Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e Imagens LANDSAT TM. Dissertação de Mestrado, Instituto Florestal – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Torres, P. (2007). Evolução da Paisagem na Região do Cantanhez (Guiné-Bissau) e sua Influência na Adequabilidade do Habitat para *Pan troglodytes*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências – Universidade do Porto, Portugal.

Turner, M. G., Gardner, R. H., O'Neill, R. V. (2001). Landscape Ecology in Theory and Practice (Pattern and Process). Springer-Verlag New York, Inc.

Zhang, Q., Ban, Y., Liu, J., Sha, Q., Hu, Y. (2008). Analysis of Landscape Dynamics in Shanghai using Landscape Metrics: Effects of spatial resolutions. Beijing: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B6b.

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Esquema síntese da estrutura da dissertação. | 2 |
| Figura 2 – Área de Estudo..... | 22 |
| Figura 3 – Geologia | 23 |
| Figura 4 – Altitude | 24 |
| Figura 5 – Hidrografia | 25 |
| Figura 6 – Pedologia | 26 |
| Figura 7 – Fitogeografia | 27 |
| Figura 8 – Floresta e Solo Rochoso da unidade periférica Norte: a) Solo Rochoso e Miombo; b) Floresta; c) Vegetação Herbácea e Arbustiva; d) Solo Rochoso, vegetação Arbustiva e Miombo. | 29 |
| Figura 9 – Floresta e Solo Rochoso da unidade Central: a) Vegetação Herbácea ao leito do rio; b) Savana, Miombo e Ongote; c) Vegetação Arbustiva e Herbáceas; d) Vegetação Herbácea..... | 30 |
| Figura 10 – Floresta e Solo Rochoso da unidade periférica Norte: a) Floresta; b) Vegetação Arbustiva e Miombo; c) Solo Rochoso e Miombo; d) Savana, Miombo e Ongote. | 31 |
| Figura 11 – Esquema das estruturas territoriais do Município de Humpata | 32 |
| Figura 12 – Divisão do Município em quatro quadrantes | 36 |
| Figura 13 – Formato de imagem com relação ao fundo, aplicada na análise e cálculos das métricas (Fundo Externo – Exterior Background) | 38 |
| Figura 14 – Esquema representativo das métricas calculadas na análise do padrão espacial «Paisagem»..... | 40 |
| Figura 15 – Esquema representativo das métricas calculadas na análise do padrão espacial «Classe»..... | 46 |
| Figura 16 – Esquema representativo das métricas calculadas na análise do padrão espacial «Mancha»..... | 56 |

Índice de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Índices da métrica da área-orla (area edge) para o padrão espacial «Paisagem» referente aos quatros quadrantes do município de Humpata. | 58 |
| Tabela 2 – Resultados dos índices da métrica da forma (shape) para o padrão espacial «Paisagem» referente aos quatros quadrantes do município de Humpata. | 59 |
| Tabela 3 – Resultados dos índices da métrica de diversidade (diversity) para o padrão espacial «Paisagem» referente aos quatros quadrantes do município de Humpata. | 60 |
| Tabela 4 – Índices da métrica da área-orla (area edge) para o padrão espacial «Classe» referente aos quatros quadrantes do município de Humpata. | 62 |
| Tabela 5 – Índices da métrica da forma (shape) para o padrão espacial «Classe» referente aos quatros quadrantes do município de Humpata. | 63 |
| Tabela 6 – Índices da métrica da agregação (aggregation) para o padrão espacial «Classe» referente aos quatros quadrantes do município de Humpata. | 64 |
| Tabela 7 – Média global dos índices da métrica da forma (shape) para o padrão espacial «Mancha» referente aos quatros quadrantes do município de Humpata. | 67 |
| Tabela 8 – Média global dos índices da métrica da agregação (aggregation) para o padrão espacial «Mancha» referente aos quatros quadrantes do município de Humpata. | 68 |

ANEXOS

Anexo I – Fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Paisagem» e suas respectivas fórmulas de cálculos.

Área - Area

| TA – Área Total/Total Area | | |
|----------------------------|---|---|
| <i>Fórmula</i> | $TA = A \left(\frac{1}{10,000} \right)$ | A= área total da paisagem (m ²) |
| <i>Descrição</i> | TA é igual a área total (m ²) da paisagem, dividida por 10,000 (para converter em hectares). | |
| <i>Unidade</i> | Hectares | |
| <i>Intervalo</i> | TA > 0, sem limite. | |
| <i>Comentário</i> | Área total/Total Area muitas vezes não tem um grande valor interpretativo com relação a avaliação do padrão de paisagem, mas é importante porque define a extensão da paisagem. | |

LPI – Índice de Maior Mancha/Largest Patch Index

| | | |
|-------------------|---|--|
| <i>Fórmula</i> | $LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$ | a_{ij} = área (m ²) da mancha ij. A= área total da paisagem (m ²) |
| <i>Descrição</i> | LPI é igual à área (m ²) da maior mancha na paisagem dividida pela área total da paisagem (m ²), multiplicado por 100 (para converter em percentagem); em outras palavras, LPI é igual a percentagem da paisagem que a maior mancha compreende. | |
| <i>Unidade</i> | Percentagem | |
| <i>Intervalo</i> | 0 < LPI ≤ 100 | |
| | LPI aproxima-se de zero quando a maior mancha na paisagem está cada vez mais pequena. LPI é igual a 100 quando toda a paisagem é constituída por uma única mancha; isto é, quando a maior mancha compreende 100% na paisagem. | |
| <i>Comentário</i> | Índice de maior mancha quantifica a percentagem da área total da paisagem composta pela maior mancha. Como tal, é uma simples medida de dominância. | |

TE – Orla Total/Total Edge

| | | |
|-------------------|--|--|
| <i>Fórmula</i> | $TE = E$ | E = comprimento total (m) da orla na paisagem. |
| <i>Descrição</i> | TE é igual à soma do comprimento (m) de todos os segmentos de orla na paisagem. Se uma orla está presente, TE inclui os segmentos de limites da paisagem representando só orlas verdadeiras (isto é, confirmando manchas de classes diferentes). Se uma orla da paisagem está ausente, TE inclui uma proporção especificada pelo usuário do limite da paisagem. Independentemente do facto de uma orla de paisagem está presente ou não, TE inclui uma proporção especificada pelo usuário da orla interna do fundo. | |
| <i>Unidade</i> | Metros | |
| <i>Intervalo</i> | TE ≥ 0, sem limite. | |
| | TE é igual a zero quando não há orla na paisagem; isto é, quando toda a paisagem e orla de paisagem, se presente, consiste em uma única mancha e especifica o usuário que nenhum limite da paisagem e orla de fundo e ser tratado como orla. | |
| <i>Comentário</i> | Orla total é uma absoluta medida do comprimento total da orla de um particular tipo de mancha. Em aplicações que envolvem a comparação de paisagens de tamanho variável, este índice pode não ser tão útil como a densidade de orla. No entanto, quando se comparam paisagens de tamanho idêntico, orla total e densidade de orla são completamente redundante. | |

ED – Densidade de Orla/Edge Density

| | | |
|-------------------|---|---|
| <i>Fórmula</i> | $ED = \frac{E}{A}(10,000)$ | E = comprimento total (m) da orla na paisagem. A = área total da paisagem (m²) |
| <i>Descrição</i> | ED é igual a soma do comprimento (m) de todos os segmentos de orla na paisagem, dividido pela área total da paisagem (m²), multiplicado por 10,000 (para converter em hectares). Se uma orla de paisagem está presente, ED inclui os segmentos de limites da paisagem representando só orlas verdadeiras (isto é, confirmando manchas de classes diferentes). Se uma orla da paisagem está ausente, ED inclui uma proporção especificada pelo usuário do limite da paisagem. Independentemente do facto de uma orla de paisagem está presente ou não, ED inclui uma proporção especificada pelo usuário da orla interna do fundo. Obs.: área total da paisagem (A) inclui qualquer fundo interno presente. | |
| <i>Unidade</i> | Metros por hectares | |
| <i>Intervalo</i> | ED ≥ 0, sem limite. | |
| | ED é igual a zero quando não há orla na paisagem; isto é, quando toda a paisagem e orla de paisagem, se presente, consiste em uma única mancha e especifica o usuário que nenhum limite da paisagem e orla de fundo e ser tratado como orla. | |
| <i>Comentário</i> | Densidade de orla tem a mesma utilidade e limitações como a Orla Total, excepto que os relatórios de densidade de orla e comprimento da orla em uma | |

unidade de área por bases que facilita a comparação entre paisagens de tamanho variável.

Forma - Shape

PAFRAC – Área, Perímetro Dimensão Fractal

Fórmula

$$PAFRAC = \frac{2 \left[N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\ln p_{ij} \cdot \ln a_{ij}) \right] - \left[\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \ln p_{ij} \right) \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \ln a_{ij} \right) \right]}{\left(N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \ln p_{ij}^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \ln p_{ij} \right)^2}$$

a_{ij} = área (m^2) da mancha ij .

p_{ij} = perímetro (m) da mancha ij .

N = número total de mancha na paisagem

Descrição

PAFRAC é igual a 2 dividido pelo declive da linha de regressão obtidas pelo logaritmo de regressão da área da mancha (m^2) contra o logaritmo do perímetro da mancha (m). Isto é, dividido por 2 a b_1 coeficiente derivado a partir de um ajuste de regressão dos mínimos quadrados para seguinte equação: $\ln(\text{área}) = b_0 + b_1 \cdot \ln(\text{perim})$. Obs.: PAFRAC exclui qualquer mancha de fundo.

Unidade

Nenhum

Intervalo

$1 \leq PAFRAC \leq 2$

Uma dimensão fractal maior do que 1 para 2- o mosaico dimensional da paisagem indica um afastamento a partir de uma geometria euclidiana (i.e., um aumento na complexidade de forma da mancha). PAFRAC aproxima-se de 1 para formas com perímetros muito simples, como quadrados, e aproxima-se de 2 para formas muito complicadas, com plano de enchimento dos perímetros. PAFRAC emprega técnicas de regressão e está sujeito a pequenos problemas de amostra. Especificamente, PAFRAC pode exceder grandemente o intervalo teórico em valores quando o número de manchas é pequeno (por exemplo, <10), e a sua utilização deve ser evitada, em tais casos. Além disso, PAFRAC requer manchas para variar no tamanho. Assim, PAFRAC é indefinido e relatados como "N/A" na "basename".land file, se todas as manchas são do mesmo tamanho ou há apenas 1 mancha.

Comentário

Área – perímetro e dimensão fractal ao nível da paisagem é idêntico para o nível de classe, excepto aqui todas manchas na paisagem são incluídas na regressão da área da mancha para/sobre o perímetro de mancha.

Diversidade - *Diversity*

PR – Riqueza da Mancha/Patch Richness

| | | |
|-------------------|---|--|
| <i>Fórmula</i> | $PR = m$ | m = número de tipos de manchas (classes) presente na paisagem excluindo a borda da paisagem se possível. |
| <i>Descrição</i> | PR é igual ao número de diferentes tipos de manchas presente dentro do limite da paisagem. | |
| <i>Unidade</i> | Nenhum | |
| <i>Intervalo</i> | $PR \geq 1$, sem limite | |
| <i>Comentário</i> | Riqueza da mancha é talvez a medida mais simples de composição da paisagem, mas note que isto não reflete a abundância relativa dos tipos de manchas. | |

PDR – Densidade e Riqueza da Mancha/Patch Richness Density

| | | |
|-------------------|--|--|
| <i>Fórmula</i> | $PDR = \frac{m}{A} (10,000)(100)$ | m = número de tipos de mancha (classes) presentes na paisagem, excluindo a borda da paisagem se presente. A = área total da paisagem (m^2). |
| <i>Descrição</i> | PDR é igual ao número de diferentes tipos de manchas presentes dentro do limite da paisagem dividido pela área total da paisagem (m^2), multiplicado por 10,000 e 100 (para converter a 100 hectares). | |
| <i>Unidade</i> | Número por 100 hectares | |
| <i>Intervalo</i> | $PDR > 0$, sem limite | |
| <i>Comentário</i> | Densidade e riqueza da mancha, padroniza riqueza de uma base por área, que facilita a comparação entre paisagens. | |

RPR – Riqueza Relativa da Mancha/Relative Patch Richness

| | | |
|------------------|---|--|
| <i>Fórmula</i> | $RPR = \frac{m}{m_{max}} (100)$ | m = número de tipos de manchas (classes) presentes na paisagem, excluindo a borda da paisagem se presente. |
| <i>Descrição</i> | RPR é igual ao número de diferentes tipos de manchas presente dentro do limite da paisagem dividido pelo número de potencial máximo de tipos de manchas especificado pelo usuário, com base no esquema de classificação de tipo de mancha particular, multiplicado por 100 (para converter em percentagem). | |
| <i>Unidade</i> | Percentagem | |
| <i>Intervalo</i> | $0 < RPR \leq 100$ | |

| | |
|-------------------|---|
| | RPR aproxima-se de zero quando a paisagem contém um único tipo de mancha, mas o número de potenciais de tipos de manchas é muito grande. RPR é igual a 100 quando todos possíveis tipos de manchas estão representados na paisagem. |
| <i>Comentário</i> | Riqueza relativa da mancha é semelhante para riqueza da mancha, mas ela representa riqueza como uma percentagem da riqueza de potencial máximo, como especificado pelo usuário. |

SHDI – Índice de Diversidade de Shannon /Shannon's Diversity Index

| | |
|-------------------|---|
| <i>Fórmula</i> | $SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$ P_i = proporção da paisagem ocupada pelo tipo de mancha (classe) i. |
| <i>Descrição</i> | SHDI é igual a menos a soma, em todos tipos de manchas, de abundância proporcional de cada tipo de mancha multiplicado por essa proporção. |
| <i>Unidade</i> | Informações |
| <i>Intervalo</i> | SHDI ≥ 0, sem limite |
| | SHDI é igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha (isto é, sem diversidade). Aumenta SHDI como o número de diferentes tipos de manchas (isto é, riqueza da mancha, PR) aumenta e/ou a distribuição proporcional da área entre os tipos de manchas se torna mais equitativa. |
| <i>Comentário</i> | Índice de diversidade de <i>shannon</i> é uma medida popular de diversidade na ecologia de comunidades (comunidade ecológica), aplicado aqui para paisagens. Índice de <i>shannon</i> é um pouco mais sensível para/aos tipos de manchas raros do que o índice de diversidade de <i>Simpson</i> . |

SIDI – Índice de Diversidade de Simpson/Simpson's Diversity Index

| | |
|-------------------|---|
| <i>Fórmula</i> | $SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$ P_i = proporção da paisagem ocupada pelo tipo de mancha (casse) i. |
| <i>Descrição</i> | SIDI é igual a 1 menos a soma em todos tipos de manchas, da abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | 0 ≤ SIDI < 1 |
| | SIDI é igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha (isto é, sem diversidade). SIDI aproxima-se de 1 como o número de diferentes tipos de mancha (isto é, riqueza da mancha, PR) aumenta e a distribuição proporcional da área entre os tipos de manchas se torna mais equitativa. |
| <i>Comentário</i> | Índice de diversidade de <i>Simpson</i> é outra medida popular de diversidade emprestado da ecologia de comunidades (comunidade |

ecológica). Índice de *Simpson* é menos sensível à presença de tipos raros e tem uma interpretação que é muito mais intuitivo do que o índice de *Shannon*. Especificamente, o valor do índice de *Simpson* representa a probabilidade de que qualquer/quaisquer 2 *pixels* selecionados aleatoriamente seria de diferentes tipos de manchas.

MSIDI – Índice Modificado de Diversidade de Simpson/Modified Simpson's Diversity Index

| | |
|-------------------|--|
| <i>Fórmula</i> | $MSIDI = -\ln \sum_{i=1}^m P_i^2$ P_i = proporção da paisagem ocupada pelo tipo de mancha (cashe) i. |
| <i>Descrição</i> | MSIDI é igual a menos o logaritmo da soma em todos tipos de mancha, de abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | MSIDI ≥ 0 , sem limite |
| | MSIDI é igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha (isto é, sem diversidade). MSIDI aumenta como o número de diferentes tipos de mancha (isto é, riqueza da mancha, PR) aumenta e a distribuição proporcional da área entre os tipos de manchas se torna mais equitativo. |
| <i>Comentário</i> | Índice modificado de diversidade Simpson elimina a interpretação intuitiva do índice de Simpson com uma probabilidade, mas transforma o índice em um que pertence a uma classe geral de índices de diversidade para que o índice de diversidade de Shannon pertence. |

SHEI – Índice de Uniformidade de Shannon/Shannon's Evenness Index

| | |
|------------------|---|
| <i>Fórmula</i> | $SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)}{\ln m}$ P_i = proporção da paisagem ocupada pelo tipo de mancha (cashe) i. m = número de tipos de manchas (classes) presentes na paisagem, excluindo a borda da paisagem se presente. |
| <i>Descrição</i> | SHEI é igual a menos a soma em todos tipos de manchas, da abundância proporcional de cada tipo de mancha, multiplicado pela proporção que, dividido pelo logaritmo de número de tipos de manchas. Em outras palavras, o Índice de Diversidade Shannon observado dividido pelo máximo Índice de Diversidade Shannon para que o número de tipos de manchas. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | $0 \leq SHEI \leq 1$ |
| | SHEI é igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha (isto é, sem diversidade) e aproxima-se de zero como a distribuição de |

| | |
|-------------------|--|
| | área entre diferentes tipos de manchas se torna cada vez mais desigual (ou seja, dominado por um tipo). SIEI é igual a 1 quando a distribuição de área entre tipos de manchas é perfeitamente mesma (isto é, abundância proporcional são a mesma). |
| <i>Comentário</i> | Índice de uniformidade de Shannon é expresso de tal modo que na mesma distribuição de área entre tipos de manchas resulta em máxima uniformidade. Como tal, uniformidade é o complemento de dominância/do domínio. |

SIEI – Índice de Uniformidade de Simpson/Simpson's Evenness Index

| | |
|-------------------|--|
| <i>Fórmula</i> | $SIEI = \frac{1 - \sum_{i=1}^m P_i^2}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)}$ <p> P_i = proporção da paisagem ocupada pelo tipo de mancha (classe) i. m = número de tipos de manchas (classes) presentes na paisagem, excluindo a borda da paisagem se presente. </p> |
| <i>Descrição</i> | SIEI é igual a 1 menos a soma em todos tipos de manchas, da abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado, dividido por 1 menos 1 dividido pelo número de tipos de manchas. Em outras palavras, o Índice de Diversidade Simpson observado dividido pelo máximo Índice de Diversidade Simpson para que o número de tipos de manchas. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | $0 \leq SIEI \leq 1$ |
| | SIDI é igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha (isto é, sem diversidade) e aproxima-se de zero como a distribuição de área entre os diferentes tipos de manchas se torna cada vez mais desigual (ou seja, dominado por 1 tipo). SIDI é igual a 1 quando a distribuição de área entre tipos de manchas é perfeitamente mesma (isto é, abundância proporcional são a mesma). |
| <i>Comentário</i> | Índice de uniformidade de Simpson é expresso de tal modo que na mesma distribuição de área entre tipos de manchas resulta em máxima uniformidade. Como tal, uniformidade é o complemento de dominância/do domínio. |

MSIEI – Índice Modificado de uniformidade de Simpson/Modified Simpson's Evenness Index

| | |
|----------------|--|
| <i>Fórmula</i> | $MSIEI = \frac{-\ln \sum_{i=1}^m P_i^2}{\ln m}$ <p> P_i = proporção da paisagem ocupada pelo tipo de mancha (cassee) i. m = número de tipos de manchas (classes) presentes na paisagem, excluindo a borda da paisagem se presente. </p> |
|----------------|--|

| | |
|-------------------|--|
| <i>Descrição</i> | MSIEI é igual a menos o logaritmo da soma em todos os tipos de manchas, da abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado, dividido pelo logaritmo do número de tipos de manchas. Em outras palavras, o índice modificado de diversidade Simpson observado dividido pelo máximo índice modificado de diversidade Simpson para que o número de tipos de manchas. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | $0 \leq \text{MSIEI} \leq 1$ MSIDI é igual a zero quando a paisagem contém apenas uma mancha (isto é, sem diversidade) e aproxima-se de zero como a distribuição de área entre os diferentes tipos de manchas se torna cada vez mais desigual (ou seja, dominada por 1 tipo). MSIDI é igual a 1 quando a distribuição de área entre tipos de manchas é perfeitamente mesma (isto é, abundância proporcional são a mesma). |
| <i>Comentário</i> | Índice modificado de uniformidade de Simpson é expresso de tal modo que na mesma distribuição de área entre tipos de manchas resulta em máxima uniformidade. Como tal, uniformidade é o complemento de dominância/do domínio. |

Anexo II – Fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Classe» e suas respectivas fórmulas de cálculos.

Área - Orla *Area Edge*

| CA – Área Total (Classe) <i>Total Area (Class)</i> | |
|---|--|
| Fórmula | $CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right) \quad a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) da mancha } ij.$ |
| Descrição | Área total é igual a soma das áreas (m ²) de todas as manchas do correspondente tipo de mancha, dividido por 10.000 (para converter em hectares); isto é, a área total da classe. |
| Unidade | Hectares |
| Intervalo | CA > 0, sem limite. |
| | A área total CA aproxima-se de zero como o tipo de mancha torna-se cada vez maior na rara paisagem. A área total (Classe) CA é igual a área total (Paisagem) TA quando toda a paisagem é constituída de um único tipo de mancha; isto é, quando toda imagem é composta por uma única mancha. |
| Comentário | A área da classe é uma medida da composição da paisagem; especificamente, como muitas da paisagem é constituída por um tipo de mancha particular. Além de seu valor interpretativo directo, a área da classe é usada nos cálculos para muitas das métricas de classe e paisagem. |

| PLAND – Percentagem da Paisagem <i>Percetange of Landscape</i> | |
|---|---|
| Fórmula | $PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100) \quad \begin{array}{l} P_i = \text{proporção da paisagem} \\ \text{ocupada pelo tipo de mancha} \\ \text{(Classe) } i. \\ a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) da mancha } ij. \\ A = \text{área total da paisagem} \\ \text{(m}^2\text{)}. \end{array}$ |
| Descrição | PLAND é igual a soma das áreas (m ²) de todas as manchas do tipo de mancha correspondente, dividido pela área total da paisagem (m ²), multiplicado por 100 (para convertem em percentagem); em outras palavras, PLAND é igual a percentagem da paisagem composta do tipo de mancha correspondente. |
| Unidade | Percentagem |
| Intervalo | 0 < PLAND ≤ 100 |
| | PLAND aproxima-se de zero quando o tipo de mancha (Classe) correspondente torna-se cada vez mais raro na paisagem. PLAND é igual a 100 quando toda a paisagem é composta por um único tipo de mancha; isto é, quando toda a imagem é composta por uma única mancha. |

| | |
|-------------------|---|
| <i>Comentário</i> | A percentagem da paisagem quantifica a abundância proporcional de cada tipo de mancha na paisagem. Como a área total da classe, é uma medida da composição da paisagem importante em muitas aplicações ecológicas. No entanto, porque o PLAND é uma medida relativa, pode ser uma medida mais apropriada da composição da paisagem do que a área da classe para a comparação entre as paisagens de tamanhos/dimensões variados. |
|-------------------|---|

| LPI – Índice de Maior Mancha <i>Largest Patch Index</i> | |
|--|---|
| <i>Fórmula</i> | $LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A} (100)$ a_{ij} = área (m ²) da mancha <i>ij</i> . A = área total da paisagem (m ²). |
| <i>Descrição</i> | LPI é igual à área (m ²) da maior mancha do tipo de mancha correspondente dividido pela área total da paisagem (m ²), multiplicado por 100 (para converter em percentagem); em outras palavras, LPI é igual a percentagem da paisagem composta pela maior mancha. |
| <i>Unidade</i> | Percentagem |
| <i>Intervalo</i> | 0 < LPI ≤ 100 |

LPI aproxima-se de zero quando a maior mancha do tipo de mancha correspondente é cada vez mais pequena. LPI é igual a 100 quando toda a paisagem é constituída de uma única mancha do tipo de mancha correspondente; isto é, quando a maior mancha compreende 100% da paisagem.

| | |
|-------------------|--|
| <i>Comentário</i> | O índice de maior mancha no nível da classe quantifica a percentagem da área total da paisagem composta pela maior mancha. Como tal, é uma medida simples de dominância. |
|-------------------|--|

| TE – Orla Total <i>Total Edge</i> | |
|--|---|
| <i>Fórmula</i> | $TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$ e_{ik} = comprimento total (m) da orla na paisagem que envolve o tipo de mancha (classe) <i>i</i> ; inclui o limite da paisagem e o segmento de fundo envolvendo o tipo de mancha <i>i</i> . |
| <i>Descrição</i> | TE é igual à soma dos comprimentos (m) de todos os segmentos de orla envolvendo o tipo de mancha correspondente. Se uma orla da paisagem está presente, TE inclui os segmentos de limites da paisagem envolvendo o tipo de mancha correspondente e representando orla “verdadeira” apenas (ou seja, confinando manchas de diferentes classes). Se uma orla da paisagem está ausente, TE inclui uma proporção especificada pelo usuário de segmentos de limite da paisagem envolvendo o tipo de mancha correspondente. Independentemente de uma orla da paisagem estar presente ou não, TE inclui uma proporção especificada pelo usuário de segmentos de orla de fundo internas que envolvem o tipo de mancha correspondente. |
| <i>Unidade</i> | Metros |
| <i>Intervalo</i> | TE ≥ 0, sem limite. |

| | |
|-------------------|--|
| | TE é igual a zero quando não há nenhuma orla de classe na paisagem; isto é, quando toda paisagem e orla da paisagem, se presente, consiste no tipo de mancha correspondente e que o usuário especifica que nenhum dos limites da paisagem e a orla de fundo ser tratado como orla. |
| <i>Comentário</i> | A orla total no nível da classe é uma absoluta medida para o comprimento total da orla de um tipo de mancha particular. Em aplicações que envolvem a comparação de paisagens de tamanhos variados, este índice pode não ser tão útil como a densidade de orla. No entanto, ao comparar paisagens de tamanho idêntico, a orla total e a densidade de orla são completamente redundante. |

| ED – Densidade da Orla <i>Edge Density</i> | |
|---|---|
| <i>Fórmula</i> | $ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10.000)$ <p>e_{ik} = comprimento total (m) da orla na paisagem que envolve o tipo de mancha(classe) i; inclui o limite da paisagem e o segmento de fundo envolvendo o tipo de mancha i. A = área total da paisagem (m^2).</p> |
| <i>Descrição</i> | ED é igual à soma dos comprimentos (m) de todos os segmentos de orla envolvendo o tipo de mancha correspondente, dividido pela área total da paisagem (m^2), multiplicado por 10.000 (para converter a hectares). Se uma orla da paisagem está presente, ED inclui segmentos de limites da paisagem envolvendo o tipo de mancha correspondente e representando orla “verdadeira” apenas (isto é, confinando manchas de diferentes classes). Se uma orla da paisagem está ausente, ED inclui uma proporção especificada pelo usuário de segmento de limite da paisagem envolvendo o tipo de mancha correspondente. Independentemente de uma orla da paisagem estar presente ou não, ED inclui uma proporção especificada pelo usuário de segmentos de orla de fundo internas que envolvem o tipo de mancha correspondente. |
| <i>Unidade</i> | Metros por hectares |
| <i>Intervalo</i> | ED ≥ 0 , sem limite. |
| | ED é igual a zero quando não há nenhuma orla de classe na paisagem; isto é, quando toda a paisagem e orla da paisagem, se presente, consiste no tipo de mancha correspondente e que o usuário especifica que nenhum dos limites da paisagem e a orla de fundo ser tratado como orla. |
| <i>Comentário</i> | A densidade da orla no nível da classe tem a mesma utilidade e limitações como a Orla Total, com exceção de que os relatórios de densidade da orla relata o comprimento da orla em uma base por unidade de área que facilite a comparação entre paisagens de tamanho variável. |

Forma Shape

PAFRAC – Área-Perímetro e Dimensão Fractal *Perimeter-Area Fractal Dimension*

| | |
|-------------------|--|
| <i>Fórmula</i> | $PAFRAC = \frac{2 \left[n_i \sum_{j=1}^n (\ln p_{ij} \cdot \ln a_{ij}) \right] - \left[\left(\sum_{j=1}^n \ln p_{ij} \right) \left(\sum_{j=1}^n \ln a_{ij} \right) \right]}{\left(n_i \sum_{j=1}^n \ln p_{ij}^2 \right) - \left(\sum_{j=1}^n \ln p_{ij} \right)^2}$ <p> a_{ij} = área (m²) da mancha ij. p_{ij} = perímetro (m) da mancha ij. n_i = número de manchas na paisagem do tipo de mancha (classe) i. </p> |
| <i>Descrição</i> | PAFRAC é igual a 2 dividido pelo declive da linha de regressão obtida pela regressão do logaritmo da área da mancha (m ²) contra o logaritmo do perímetro da mancha (m). Isto é, 2 dividido pelo coeficiente b_1 derivado a partir de um ajuste de regressão dos mínimos quadrados para seguinte equação: $\ln(\text{área}) = b_0 + b_1 \cdot \ln(\text{perim})$. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | $1 \leq PAFRAC \leq 2$ |
| <i>Comentário</i> | <p>Uma dimensão fractal maior do que 1 para 2- o mosaico dimensional da paisagem indica um afastamento a partir de uma geometria euclidiana (i.e., um aumento na complexidade de forma da mancha). PAFRAC aproxima-se de 1 para formas com perímetros muito simples, como quadrados, e aproxima-se de 2 para formas muito complicadas, com plano de enchimento dos perímetros. PAFRAC emprega técnicas de regressão e está sujeito a pequenos problemas de amostra. Especificamente, PAFRAC pode exceder grandemente o intervalo teórico em valores quando o número de manchas é pequeno (por exemplo, <10), e a sua utilização deve ser evitada, em tais casos. Além disso, PAFRAC requer manchas para variar no tamanho. Assim, PAFRAC é indefinido e relatados como "N/A" na "basename".land file, se todas as manchas são do mesmo tamanho ou há apenas <10 manchas.</p> <p>A área – perímetro dimensão fractal é atraente porque ela reflete a complexidade da forma sobre um intervalo de escalas espaciais (tamanhos da mancha). No entanto, tal como o seu nível da mancha em contrapartida (FRACT), área – perímetro dimensão fractal só faz sentido se a relação logaritmo por logaritmo/log-log entre o perímetro e área é linear em todo o intervalo de tamanhos da mancha. Se não for (e isto deve ser determinado separadamente), então a dimensão fractal deve ser calculada em separado para o intervalo de tamanhos de mancha sobre qual ela é constante. Nota, porque este índice emprega análise de regressão, ele está sujeito resultados a espúrios/falsos quando as amostras são pequenas. Em paisagens com apenas algumas manchas, não é incomum para obter valores que excedem em muitos os limites teóricos desse índice. Assim, este índice é provavelmente mais útil se as amostras são grandes (por exemplo, $n \geq 20$), embora o FRAGSTATS calcula o índice para tamanhos de amostra</p> |

moderados, bem como (isto é, ≥ 10). Além disso, é importante perceber que a área – perímetro dimensão fractal calculada em *FRAGSTATS* baseia-se na regressão do log área no log perímetro; isto é, $\ln(\text{área}) = b_0 + b_1 \cdot \ln(\text{perim})$. Ele é igualmente válido para calcular a dimensão fractal pela regressão log perímetro no log área; isto é, $\ln(\text{perim}) = b_0 + b_1 \cdot \ln(\text{área})$, caso em que a dimensão fractal (D) é igual à 2 vezes o declive (b_1). Estas duas abordagens dão respostas ligeiramente diferentes e não é claro que um é superior ao outro. Ambas as abordagens são utilizadas na prática, por isso cabe a você observar a maneira pela qual a dimensão fractal é calculada quando se comparam entre os estudos.

Agregação *Aggregation*

NP – Número de Manchas *Number of Patches*

| | |
|------------------|---|
| <i>Fórmula</i> | $NP = n_i$ n_i = número de manchas na paisagem do tipo de mancha (classe) i . |
| <i>Descrição</i> | NP é igual ao número de manchas do tipo de mancha correspondente (classe). |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | $NP \geq 1$, sem limite. |

NP é igual a 1 quando a paisagem contém apenas 1 mancha do tipo de mancha correspondente; isto é, quando a classe é constituída por uma única mancha.

| | |
|-------------------|---|
| <i>Comentário</i> | O número de manchas de um particular tipo de mancha é uma medida simples da extensão da subdivisão ou fragmentação do tipo de mancha. Embora o número de manchas em uma classe pode ser de fundamental importância a uma série de processos ecológicos, muitas vezes tem valor interpretativo limitado por si mesmo, porque não transmite informações sobre a área, distribuição, ou densidade da mancha. É claro que, se a área total da paisagem e a área da classe são mantidas constantes, então o número de manchas transmite a mesma informação como a densidade da mancha ou tamanho médio da mancha e pode ser um índice útil de interpretar. O número de manchas é provavelmente o mais valioso, contudo, como base para o cálculo de outros, mais interpretáveis, métricas. |
|-------------------|---|

PD – Densidade da Mancha *Patch Density*

| | |
|------------------|---|
| <i>Fórmula</i> | $PD = \frac{n_i}{A} (10,000)(100)$ n_i = número de manchas na paisagem do tipo de mancha (classe) i . A = área total da paisagem (m^2). |
| <i>Descrição</i> | PD é igual ao número de manchas do tipo de mancha correspondente dividido pela área total da paisagem (m^2), multiplicado por 10.000 e 100 (para converter a 100 hectares). |
| <i>Unidade</i> | Número por hectares |

| | |
|-------------------|---|
| <i>Intervalo</i> | PD > 0, limitado pelo tamanho da célula. |
| | PD é relacionado com o tamanho de grão da imagem <i>raster</i> , porque o PD máximo é atingido quando toda célula é uma mancha separada. Portanto, em última análise, o tamanho da célula irá determinar o número máximo de manchas por unidade de área. No entanto, a densidade máxima de manchas de uma única classe é atingida quando todas outras células é de que classe focal (isto é, de um modo xadrez, porque células adjacentes da mesma classe seria na mesma mancha). |
| <i>Comentário</i> | A densidade da mancha é um limitado, mas fundamental aspecto do padrão da paisagem. A densidade da mancha tem a mesma utilidade básica como o número manchas como um índice, excepto que este exprime o número de manchas em uma base por unidade que facilita comparações entre paisagens de tamanho variável. É claro que, se a área total da paisagem é mantida constante, então a densidade da mancha e número de manchas transmite a mesma informação. Como o número de manchas, a densidade da mancha muitas vezes tem valor interpretativo limitado por si mesmo, porque não transmite informações sobre o tamanho e distribuição espacial de manchas. |

DIVISION – Índice de Divisão da Paisagem *Landscape Division Index*

| | |
|-------------------|--|
| <i>Fórmula</i> | $DIVISION = \left[1 - \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{A} \right)^2 \right]$ $a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) da mancha } ij.$ $A = \text{área total da paisagem (m}^2\text{)}.$ |
| <i>Descrição</i> | DIVISION é igual a 1 menos a soma da área da mancha (m ²) dividido pela área total da paisagem (m ²), quantidade ao quadrado, resumida em todas as manchas do tipo de mancha correspondente. |
| <i>Unidade</i> | Proporção |
| <i>Intervalo</i> | 0 ≤ DIVISION < 1 |
| | DIVISION é igual a zero quando a paisagem é constituída por única mancha. DIVISION aproxima-se de 1 quando o tipo de mancha focal consiste em única, pequena mancha de uma célula na área. Como a proporção da paisagem composta do tipo de mancha focal e como diminui as manchas diminuem em tamanho, DIVISION aproxima-se de 1. |
| <i>Comentário</i> | A divisão é baseada na distribuição cumulativa da área da mancha e é interpretado como a probabilidade de que dois <i>pixels</i> escolhidos aleatoriamente na paisagem não se situam na mesma mancha do tipo de mancha correspondente. |

SPLIT – Índice de Divisão *Splitting Index*

| | |
|----------------|--|
| <i>Fórmula</i> | $SPLIT = \frac{A^2}{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$ $a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) da mancha } ij.$ $A = \text{área total da paisagem (m}^2\text{)}.$ |
|----------------|--|

| | |
|-------------------|--|
| <i>Descrição</i> | SPLIT é igual a área total da paisagem (m ²) ao quadrado dividido pela soma da mancha da área (m ²) ao quadrado, resumida em todas as manchas do tipo de mancha correspondente. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | $1 \leq \text{SPLIT} \leq \text{número de células na área da paisagem quadrado}$. |
| | SPLIT é igual a 1 quando a paisagem é constituída por única mancha. SPLIT aumenta como o tipo de mancha focal é cada vez mais reduzido na área e subdividido em manchas menores. O limite superior de SPLIT é limitado pela relação da área da paisagem para o tamanho da célula e é alcançado quando o tipo de mancha correspondente consiste em uma única mancha um <i>pixel</i> . |
| <i>Comentário</i> | Divisão é baseada na distribuição cumulativa da área da mancha e é interpretado como o número efectivo de malha, ou número de manchas com um tamanho constante da mancha quando o tipo de mancha correspondente é subdividido em S manchas, em que S é o valor do índice de divisão. |

MESH – Tamanho Efectivo da Malha *Effective Mesh Size*

| | |
|-------------------|--|
| <i>Fórmula</i> | $\text{MESH} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A} \left(\frac{1}{10,000} \right)$ a_{ij} = área (m ²) da mancha <i>ij</i> . A = área total da paisagem (m ²). |
| <i>Descrição</i> | MESH é igual a soma da área da mancha ao quadrado, resumida em todas as manchas do tipo de mancha correspondente, dividido pela área total da paisagem (m ²), dividido por 10.000 (para converter em hectares). |
| <i>Unidade</i> | Hectares |
| <i>Intervalo</i> | $\text{Rácio do tamanho da célula para área da paisagem} \leq \text{MESH} \leq \text{área total da paisagem (A)}$ |
| | O limite inferior de MESH é restringido pela relação de tamanho da célula para a área da paisagem e é obtida quando o tipo de mancha correspondente consiste de uma única mancha um <i>pixel</i> . MESH é máxima quando a paisagem é constituída por uma única mancha. |
| <i>Comentário</i> | A malha é baseada na distribuição cumulativa da área da mancha e é interpretado como o tamanho das manchas quando o tipo de mancha correspondente é subdividido em S manchas, onde S é o valor do índice de divisão. |

IJI – Índice de Inter-Dispersão e Justaposição *Interspersion & Juxtaposition Index*

| | |
|----------------|--|
| <i>Fórmula</i> | $IJI = \frac{-\sum_{k=1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)} \quad (100)$ |
| | e_{ik} = comprimento total (m) da orla da paisagem entre tipos de manchas(classes)i e k. m = numero de tipos de manchas (classes) presentes na paisagem, incluindo a orla da paisagem, se presente. |

| | |
|-------------------|---|
| <i>Descrição</i> | IJI é igual a menos a soma do comprimento (m) de cada único tipo de orla, envolvendo o tipo de mancha correspondente dividido pelo comprimento total (m) da orla (m) envolvendo o mesmo tipo, multiplicado pelo logaritmo da mesma quantidade, somado sobre cada único tipo de orla; dividido pelo logaritmo do número de tipo de mancha menos 1; multiplicado por 100 (para converter em percentagem). Em outras palavras, a observada inter-dispersão sobre a inter-dispersão máxima possível para um dado número de tipos de mancha. |
| <i>Unidade</i> | Percentagem |
| <i>Intervalo</i> | $0 < IJI \leq 100$ |
| | IJI aproxima-se de zero, quando o tipo de mancha correspondente é adjacente apenas a um outro tipo de mancha e o número de tipos de mancha aumenta. IJI é igual a 100 quando o tipo de mancha correspondente é igualmente adjacente a todos outros tipos de mancha (isto é, no máximo intercalados e justapostos a outros tipos de mancha). IJI é indefinido e relatado como "N/A" in the "basename" . class file se o numero de tipos de manchas é inferior a 3. |
| <i>Comentário</i> | O índice de inter-dispersão e justaposição é baseado em adjacência de manchas, e não a célula de adjacência, como o índice de contágio. Como tal, ele fornece uma medida de agregação de classe como o índice de contágio, mas isola a inter-dispersão ou intermistura de tipos de manchas. |

| PLADJ – Percentagem de Adjacência <i>Percentage of Like Adjacencies</i> | |
|--|--|
| <i>Fórmula</i> | $PLADJ = \left(\frac{(g_{ii})}{\sum_{k=1}^m (g_{ik})} \right) (100)$ <p>g_{ii} = número de como adjacências (juntas) entre pixels de tipos de manchas (classes) i baseado no método de dupla contagem. g_{ik} = número de adjacências (juntas) entre <i>pixels</i> de tipos de manchas (classes) i e k baseado no método de dupla contagem.</p> |
| <i>Descrição</i> | PLADJ é igual ao número de adjacências envolvendo a classe focal, dividido pelo número total de células de adjacências que envolvem a classe focal; multiplicado por 100 (para converter a uma percentagem). Em outras palavras, a percentagem de células que envolvem a adjacência do tipo de mancha correspondente que são adjacências. Todos os segmentos de orla de fundo são incluídos na soma de todas as adjacências envolvendo a classe focal, incluindo os segmentos do limite da paisagem se uma orla não é fornecida. As adjacências de células são contadas usando o método de dupla contagem na qual a ordem de <i>pixel</i> é preservada, pelo menos, para todas as adjacências internas (ou seja, que envolvem as células no interior da paisagem). Se uma orla da paisagem está presente, adjacência no limite da paisagem |

| | |
|------------------|--|
| | são contadas apenas uma vez, como são todas adjacências com o fundo. |
| <i>Unidade</i> | Porcentagem |
| <i>Intervalo</i> | $0 \leq \text{PLADJ} \leq 100$ |

PLADJ é igual a zero quando o tipo de mancha correspondente é maximamente desagregado (ou seja, cada célula é uma mancha diferente) e não existem adjacências. Isso ocorre quando a classe é subdividida em uma célula de manchas. Note-se, esta condição só pode ser conseguida quando a proporção da paisagem composta da classe focal (P_i) é $\leq 0,5$. Quando $P_i = 0,5$, isto ocorre somente quando a classe é distribuída como um xadrez perfeito. Quando $P_i > 0,5$, o xadrez começa a preencher e existirá adjacências. PLADJ aumenta à medida que o tipo de mancha correspondente torna-se cada vez mais agregado de tal modo que a proporção de adjacência aumenta. PLADJ é igual a 100 quando a paisagem é constituída por única mancha e todas adjacências estão entre a mesma classe, e a paisagem contém uma orla composta inteiramente de uma mesma classe. Se a paisagem consiste de única mancha, mas não contém uma orla, PLADJ será inferior a 100 devido aos segmentos de orla de fundo da contagem de adjacências que envolvem a classe focal. Finalmente, PLADJ é indefinido e relatado como “N/A” in the “basename”. class file se a classe consiste por uma única célula.

Comentário A percentagem de adjacência é calculado a partir da matriz de adjacência, o que mostra a frequência com que diferentes pares de tipos de mancha (incluindo como adjacências entre o mesmo tipo de mancha) aparecem lado a lado no mapa. PLADJ mede o grau de agregação do tipo de mancha focal. Assim, isto é uma medida de classe específica de contágio. Independentemente da forma como grande parte da paisagem é composta da classe focal (P_i), esse índice será mínimo se o tipo de mancha é maximamente disperso (ou desagregado), e será máximo se o tipo de mancha é maximamente contagioso. No entanto, este índice não leva em conta o facto de o percentual de adjacências porá uma distribuição aleatória igual P_i . Se a percentagem de adjacências fica a menos de P_i , em seguida, o tipo de mancha é mais disperso do que esperado de uma paisagem aleatória. Por outro lado, se o percentual de adjacências, como é maior do que P_i , então o tipo de mancha é contagiosamente distribuído.

| AI – Índice de Agregação <i>Aggregation Index</i> | | |
|--|--|---|
| <i>Fórmula</i> | $AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} \right] (100)$ | g_{ii} = número de como adjacências (juntas) entre pixels de tipos de manchas (classes) $\max - g_{ii}$ = máximo número de de como adjacências (juntas) entre pixels de tipos de manchas |

| | (classes) <i>i</i> baseado no método de única contagem. |
|-------------------|---|
| <i>Descrição</i> | <p>AI é igual ao número de adjacências que envolvem a classe correspondente, dividido pelo número máximo de possível de adjacências que envolvem a classe correspondente, o que é conseguido quando a classe é maximamente agregada em uma única mancha, compacta; multiplicado por 100 (para converter a uma percentagem). Se A_i é a área da classe <i>i</i> (em termos de números de classe) e <i>n</i> é o lado de um quadrado pequeno número inteiro maior do que A_i, e $m = A_i - n^2$, em seguida, o número de orla comuns para classe <i>i</i>, $\max - g_{ii}$ terá uma das três formas:</p> $\max - g_{ii} = 2n(n - 1), \text{ quando } m = 0, \text{ ou}$ $\max - g_{ii} = 2n(n - 1) + 2m - 1, \text{ quando } m \leq n, \text{ ou}$ $\max - g_{ii} = 2n(n - 1) + 2m - 2, m > n.$ |
| <i>Unidade</i> | Percentagem |
| <i>Intervalo</i> | $0 \leq AI \leq 100$ |
| | <p>Dado qualquer P_i, AI é igual a zero quando o tipo de mancha focal é maximamente desagregado (isto é, quando não há adjacências); AI aumenta à medida que o tipo de mancha focal é cada vez mais agregado e é igual a 100 quando o tipo de mancha é maximamente agregado em uma única mancha, compacta. AI é indefinido e relatado "N/A" in the "<i>basename</i>".<i>class file</i> se a classe consiste de uma única célula.</p> |
| <i>Comentário</i> | <p>O índice de agregação é calculado a partir de uma matriz de adjacência, o que mostra a frequência com que os diferentes pares de tipos de mancha (incluindo adjacências entre o mesmo tipo de mancha) aparecem lado a lado no mapa. O índice de agregação leva em conta apenas as adjacências que envolvem a classe focal, não adjacências com outros tipos de manchas. Além disso, em contraste com todas outras métricas baseadas em adjacências, o índice de agregação é baseado em adjacência contadas usando o método de única contagem, no qual o lado de cada célula é contado apenas uma vez. Por conseguinte, as contagens dadas na "<i>basename</i>".<i>adj output file</i> não são correctas para essa métrica. Além disso, por causa do <i>design</i> das métricas, os segmentos de orla do limite da paisagem são ignorados, mesmo se uma orla é fornecida o <i>Fragstats</i> lida neste caso através da distinção entre adjacências internas (ou seja, adjacências envolvendo células no interior da paisagem) e adjacências externas (ou seja, adjacências entre células no interior da paisagem e as da orla). Somente as adjacências internas são utilizadas no cálculo desta métrica; uma orla da paisagem não tem efeito sobre métrica. O índice de agregação é escalado para contabilizar o número máximo possível de adjacências dado qualquer P_i. A agregação máxima é obtida quando o tipo de mancha é constituído por uma única mancha, compacta, que não é necessariamente uma mancha quadrada.</p> |

| CLUMPY – Índice de Agrupamento <i>Clumpiness Index</i> | | |
|--|---|--|
| <i>Fórmula</i> | $Given\ G_i = \left(\frac{g_{ii}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right)$ $CLUMPY = \begin{bmatrix} \frac{G_i - P_i}{1 - P_i} \text{ for } G_i \geq P_i \\ g \\ \frac{G_i - P_i}{1 - P_i} \text{ for } G_i < P_i; P_i \geq .5 \\ \frac{P_i - G_i}{-P_i} \text{ for } G_i < P_i; P_i < .5 \end{bmatrix}$ | <p>g_{ii} = número de como adjacências (juntas) entre <i>pixels</i> de tipo de mancha (classe) <i>i</i> baseado no método de dupla contagem.</p> <p>g_{ik} = número de adjacências (juntas) entre <i>pixels</i> de tipo de manchas (classes) <i>i</i> e <i>k</i> baseado no método de dupla contagem.</p> <p>P_i = proporção da Paisagem ocupada pelo tipo de mancha(Classe)<i>i</i>.</p> |
| <i>Descrição</i> | <p>CLUMPY é igual ao desvio proporcional da proporção de adjacências envolvendo a classe correspondente do que esperado sob uma distribuição espacial aleatória. Se a proporção de adjacência (G_i) é maior do que ou igual à proporção da paisagem composta da classe focal (P_i), então CLUMPY é igual G_i menos P_i, dividido por 1 menos P_i. Da mesma forma, se $G_i < P_i$, e $P_i \geq 0,5$, então CLUMPY é igual G_i menos P_i, dividido por 1 menos P_i. No entanto, se $G_i < P_i$, e $P_i < 0,5$, então CLUMPY é igual P_i menos G_i, dividido por menos P_i. Note, todos os segmentos da orla de fundo estão incluídos na soma de todas adjacências que envolvem a classe focal, incluindo segmentos do limite da paisagem se uma orla não é fornecida.</p> | |
| <i>Unidade</i> | Porcentagem | |
| <i>Intervalo</i> | <p>- 1 ≤ CLUMPY ≤ 1</p> <p>Dado qualquer P_i, CLUMPY é igual -1 quando o tipo de mancha focal é maximamente desagregado; CLUMPY é igual a zero quando o tipo de mancha focal é distribuído aleatoriamente, e aproxima-se de 1 quando o tipo de mancha focal é maximamente agregado. Note, CLUMPY é igual a 1 apenas quando a paisagem consiste de uma única mancha e inclui uma orla composta da classe focal.</p> | |
| <i>Comentário</i> | <p>O índice de agrupamento é calculado a partir da matriz de adjacência, o que mostra a frequência com que diferentes pares de tipos de mancha (incluindo adjacências entre o mesmo tipo de mancha) aparecem lado a lado no mapa. Agrupamento é escalado para explicar o facto de que a proporção de adjacências (G_i) será igual a P_i para uma distribuição completamente aleatória. A fórmula é contingente sobre G_i e P_i porque o valor mínimo de G_i tem duas formas que dependem de P_i. Especificamente, quando $P_i \leq 0,5$, $G_i = 0$ quando a classe é maximamente desagregada (ou seja, subdividida em mancha de células) e aproxima-se de 1 quando a classe é maximamente agregada.</p> | |

No entanto, quando $P_i \geq 0,5$, $G_i = 2 P_i - 1$ quando a classe é maximamente desagregada e aproxima-se de 1 quando a classe é maximamente agregada.

LSI – Índice da Forma da Paisagem *Landscape Shape Index*

| | | |
|-------------------|--|---|
| Fórmula | $LSI = \frac{.25 \sum_{k=1}^m e_{ik}^*}{\sqrt{A}}$ | e_{ik}^* = comprimento total (m) da orla na paisagem entre tipos de manchas (classe) i e k ; inclui todo o limite da paisagem e alguns ou todos segmentos da orla de fundo que envolvem a classe i . A = área total da paisagem (m^2). |
| Descrição | LSI é igual .25 (ajuste para o formato <i>raster</i>) vezes a soma de todo o limite da paisagem (independentemente de ele representar orlas “verdadeiras” ou não, ou a forma como o usuário especifica como para lidar com limite/fundo) e todos segmentos de orla (m) dentro do limite da paisagem envolvendo o tipo de mancha correspondente, incluindo algumas ou todas aquelas que fazem fronteira com o fundo (com base nas especificações do utilizador), dividido pela raiz quadrada da área total da paisagem (m^2). Note, a área total da paisagem (A) inclui qualquer fundo interno presente. | |
| Unidade | Nenhum | |
| Intervalo | LSI ≥ 1 , sem limite. | |
| | LSI é igual a 1 quando a paisagem é constituída por um único quadrado do tipo de mancha correspondente; LSI aumenta sem limite como a forma da paisagem se torna mais irregular e/ou como o comprimento da orla dentro da paisagem do tipo de mancha correspondente aumenta. | |
| Comentário | O índice de forma da paisagem fornece uma medida padronizada da orla total ou densidade da orla que se ajusta ao tamanho da paisagem. Porque é padronizada, que tem uma interpretação directa, em contraste com a orla total, por exemplo, que só é significativa em relação ao tamanho da paisagem. | |

nLSI – Índice Normalizado da Forma da Paisagem *Normalized Landscape Shape Index*

| | | |
|----------------|---|--|
| Fórmula | $nLSI = \frac{e_i - \min e_i}{\max e_i - \min e_i}$ | e_i = comprimento total da orla (ou perímetro) classe i em termos do número de superfícies de células; inclui todos os segmentos de limite da paisagem e da orla de fundo que envolve a classe i . $\min e_i$ = comprimento total mínimo da orla (ou perímetro) classe i , em termos do número de superfícies de células. $\max e_i$ = comprimento total máximo da orla (ou perímetro) classe i , em termos do número de superfícies de células. |
|----------------|---|--|

| | |
|-------------------|--|
| Descrição | <p>nLSI é igual ao comprimento total da orla (ou perímetro) envolvendo a classe correspondente, dado em número de superfícies de células, menos o comprimento mínimo da orla de classe (ou perímetro) possível para uma classe máxima agregada, também dada em número de superfícies de células, o que é alcançada quando a classe é maximamente agregada em uma única mancha, compacta, dividida pelo máximo menos o comprimento mínimo da orla de classe.</p> <p>Se a_i é a área da classe i (em termos de números de células) [nota, isso é equivalente para a soma da área da mancha acerca de todas as manchas classe i] e n é o lado maior do quadrado inteiro menor do que a_i (denotado) e $m = a_i - n^2$, então a orla mínima ou perímetro da classe i, $\min e_i$, tomará uma das três formas (Milne 1991, Bogaert <i>et al.</i> 2000):</p> <p>$\min e_i = 4n$, quando $m = 0$, ou</p> <p>$\min e_i = 4n + 2$, quando $n^2 < a_i \leq n(1 + n)$, ou</p> <p>$\min e_i = 4n + 4$, quando $a_i > n(1 + n)$.</p> <p>Se A é a área da paisagem, incluindo todos os fundos internos (em termos do números de células), B = número de células no limite (perímetro) da paisagem, Z = comprimento total do limite (perímetro) da paisagem dado no número de superfícies de células, e P_i = proporção da paisagem composta pela classe correspondente, então a orla máxima ou perímetro da classe i, $\max e_i$, tomará uma das três formas:</p> <p>$\max e_i = 4a_i$, quando $P_i \leq 0,5$, ou</p> <p>$\max e_i = 3A - 2a_i$, quando A é mesmo; $0,5 < P_i \leq (0,5A + 0,5B)/A$, ou</p> <p>$\max e_i = 3A - 2a_i + 3$, quando A é ímpar; $0,5 < P_i \leq (0,5A + 0,5B)/A$, ou</p> <p>$\max e_i = Z - 4(A - a_i)$, quando $P_i > (0,5A + 0,5B)/A$.</p> |
| Unidade | Nenhum |
| Intervalo | $0 \leq \text{nLSI} \leq 1$ |
| | <p>nLSI é igual a zero quando a paisagem é constituída por um único quadrado maximamente compacto (ou seja, quase quadrado) do tipo de mancha correspondente; LSI aumenta como o tipo de mancha torna-se cada vez mais desagregado e é 1 quando o tipo de mancha é maximamente desagregado (ou seja, um xadrez quando $P_i \leq 0,5$).</p> |
| Comentário | <p>O índice normalizado da forma da paisagem é a versão normalizada do índice de forma da paisagem (LSI) e, como tal, fornece uma medida simples de agregação de classe ou agrupamento. A normalização essencialmente redimensiona o LSI para o valor mínimo e máximo possível para qualquer área da classe. Quando o tipo de mancha é</p> |

relativamente raro (diz-se $P_i < 0,1$) ou relativo dominante (diz-se $P_i > 0,5$), o intervalo entre o mínimo e o máximo da orla total (ou perímetro) é relativamente pequeno; ao passo que, quando o tipo de mancha é intermediário em abundância (diz-se $P_i = 0,5$), o intervalo é muito grande. nLSI essencialmente mede o grau de agregação dado neste intervalo variável. (m)

COHESION – Índice de Coesão da Mancha *Patch Cohesion Index*

Fórmula

$$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}^*}{\sum_{j=1}^n p_{ij}^* \sqrt{a_{ij}^*}} \right] \cdot \left[1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right]^{-1} \cdot (100)$$

p_{ij}^* = perímetro da mancha ij em termos de número de superfícies de células.

a_{ij}^* = área da mancha ij em termos de número de células.

Z = número total de células na paisagem.

Descrição

COHESION é igual a 1 menos a soma do perímetro da mancha (em termos do número de superfícies de células) dividido pela soma do perímetro da mancha vezes a raiz quadrada da área da mancha (em termos do número de células) para manchas do tipo de mancha correspondente, dividido por 1 menos 1 sobre a raiz quadrada do número total de células na paisagem, multiplicado por 100 para converter em uma percentagem.

Unidade

Nenhum

Intervalo

$0 < COHESION < 100$

COHESION aproxima-se de zero como a proporção da paisagem composta pelas diminuições da classe focal e torna-se cada vez mais subdividida e menos fisicamente conectada. COHESION aumenta uniformemente como a proporção da paisagem composta da classe focal aumenta até uma assíntota é atingida perto do limiar de percolação. COHESION é dada como zero se a paisagem é constituída por uma única célula não-fundo.

Comentário

O índice de coesão da mancha mede a conexão física do tipo de mancha correspondente. Abaixo do limiar de percolação, a coesão da mancha é sensível à agregação da classe focal. A coesão da mancha aumenta à medida que o tipo de mancha torna-se mais agregado ou agregados em sua distribuição; daí, mais fisicamente conectado. Acima do limiar de percolação, a coesão da mancha não aparecem ser sensíveis a configuração da mancha (Gustafson, 1998).

Anexo III – Fichas das métricas utilizadas na análise do padrão «Mancha» e suas respectivas fórmulas de cálculos.

Área - Orla *Area Edge*

| AREA – Área da Mancha <i>Patch Area</i> | |
|---|---|
| Fórmula | $AREA = a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$ a_{ij} = área (m ²) da mancha <i>ij</i> . |
| Descrição | A área da mancha é igual à área (m ²) da mancha, dividida por 10.000 (para converter a hectares) |
| Unidade | Hectares |
| Intervalo | AREA > 0, sem limite. |
| | O intervalo na área da mancha é limitado pelo grão e extensão da imagem; em particular aplicação, a área da mancha pode ser ainda limitada pela especificação de um mínimo tamanho/dimensão da mancha que é maior do que o grão. |
| Comentário | A área de cada mancha que compreende um mosaico da paisagem é talvez a peça de informação mais importante e útil contida na paisagem. Não é só esta informação de base para muitos dos índices de manchas, de classe e da paisagem, mas área da mancha tem uma grande quantidade de utilidade ecológica em seu próprio direito. |
| PERIM – Perímetro da Mancha <i>Patch Perimeter</i> | |
| Fórmula | $PERIM = p_{ij}$ p_{ij} = perímetro (m) da mancha <i>ij</i> . |
| Descrição | Perímetro da mancha é igual ao perímetro (m) da mancha, incluindo todos os furos internos na mancha, independentemente de o perímetro representar “verdadeira” orla ou não (por exemplo, o caso quando uma mancha é artificialmente dividida/cortada pelo limite da paisagem quando uma orla da paisagem está presente). |
| Unidade | Metros |
| Intervalo | PERIM > 0, sem limite. |
| Comentário | O perímetro da mancha é outra peça fundamental da informação disponível sobre a paisagem e é a base para muitas métricas de classe e paisagem. Especificamente, o perímetro de uma mancha é tratado como uma orla, e a intensidade e distribuição da orla constitui um aspecto importante do padrão da paisagem. Além disso, a relação entre perímetro da mancha e área da mancha é a base para a maioria dos índices de forma. |

Forma Shape

| PARA – Rácio Perímetro - Área <i>Perimeter - Area Ratio</i> | |
|--|---|
| <i>Fórmula</i> | $PARA = \frac{p_{ij}}{a_{ij}}$ $p_{ij} = \text{perímetro (m) da mancha } ij.$ $a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) da mancha } ij.$ |
| <i>Descrição</i> | PARA é igual à razão/rácio entre perímetro da mancha (m) pela área (m ²). |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | PARA > 0, sem limite. |
| <i>Comentário</i> | O rácio perímetro-área é uma simples medida de complexidade da forma, mas sem padronização de uma forma euclidiana simples (por exemplo, quadrado). Um problema com esta métrica como um índice de forma é que ela varia com o tamanho da mancha. Por exemplo, prende a forma constante, um aumento no tamanho da mancha vai causar uma diminuição no rácio perímetro – área. |

| SHAPE – Índice de Forma <i>Shape Index</i> | |
|---|--|
| <i>Fórmula</i> | $SHAPE = \frac{.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$ $p_{ij} = \text{perímetro (m) da mancha } ij.$ $a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) da mancha } ij.$ |
| <i>Descrição</i> | SHAPE é igual ao perímetro da mancha (m) dividido pela raiz quadrada da área da mancha (m ²), ajustada por uma constante para ajustar um padrão quadrado. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | SHAPE ≥ 1, sem limite. |
| | SHAPE é igual a 1 quando a mancha é quadrada e aumenta sem limite como forma da mancha se torna mais irregular. |
| <i>Comentário</i> | O índice de forma corrige para o problema do tamanho do índice do rácio perímetro-área, ajustando para um padrão quadrado e, como resultado, é o mais simples e talvez mais simples medida de complexidade da forma. |

| FRAC – Índice de Dimensão Fractal <i>Fractal Dimension Index</i> | |
|---|--|
| <i>Fórmula</i> | $FRAC = \frac{2 \ln(.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}}$ $p_{ij} = \text{perímetro (m) da mancha } ij.$ $a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) da mancha } ij.$ |
| <i>Descrição</i> | FRAC é igual a 2 vezes o logaritmo do perímetro da mancha (m) dividido pelo logaritmo da área da mancha (m ²); o perímetro é ajustado para corrigir a polarização/viés em quadrícula/ <i>raster</i> o perímetro. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | 1 ≤ FRAC ≤ 2 |
| | Uma dimensão fractal maior do que 1 para 2- o mosaico dimensional da mancha indica um afastamento a partir de uma geometria euclidiana (i.e., um aumento na complexidade de forma da mancha). |

| | |
|-------------------|---|
| | FRAC aproxima-se de 1 para formas com perímetros muito simples, como quadrados, e aproxima-se de 2 para formas muito complicadas, com plano de enchimento dos perímetros. |
| <i>Comentário</i> | O índice de dimensão fractal é atraente porque ele reflete a complexidade da forma sobre um intervalo de escalas espaciais (tamanhos da mancha). Assim, como o índice de forma (SHAPE), que supera uma das principais limitações linear do rácio perímetro – área como medida de complexidade da forma. |

| SQUARE – Relação com Círculo Circunscrito <i>Related Circumscribing Circle</i> | |
|---|---|
| <i>Fórmula</i> | $SQUARE = 1 - \left[\frac{a_{ij}}{a_{ij}^s} \right]$ a_{ij} = área (m ²) da mancha <i>ij</i> . a_{ij}^s = área (m ²) do menor círculo circunscrito ao redor da mancha <i>ij</i> . |
| <i>Descrição</i> | CIRCLE é igual a 1 menos a área da mancha (m ²) dividida pela área (m ²) do menor círculo circunscrito. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | 0 ≤ CIRCLE <1 |
| | CIRCLE é igual a zero para manchas quadradas e aproxima-se de 1 para alongadas, manchas lineares largura de uma célula. |
| <i>Comentário</i> | A relação com círculo circunscrito deriva de Baker e Cai (1992). Nota, este índice não é influenciado pelo tamanho da mancha. |

| CONTIG – Índice de Contiguidade <i>Contiguity Index</i> | |
|--|--|
| <i>Fórmula</i> | $CONTIG = \frac{\left[\frac{\sum_{r=1}^v c_{ij}}{a_{ij}^*} \right] - 1}{v - 1}$ c_{ij} = valor de contiguidade para o <i>pixel</i> <i>r</i> na mancha <i>ij</i> . v = a soma dos valores de um modelo de célula 3 por 3 (13 neste caso). a_{ij}^* = área da mancha <i>ij</i> em termos de números de células. |
| <i>Descrição</i> | CONTIG é igual a média do valor de contiguidade, para as células numa mancha (isto é, a soma dos valores das células dividido pelo número total de <i>pixels</i> na mancha) menos 1, dividido pela soma dos valores do modelo (13 neste caso) menos 1. |
| <i>Unidade</i> | Nenhum |
| <i>Intervalo</i> | 0 ≤ CONTIG ≤ 1 |
| | CONTIG é igual a zero para uma mancha de um <i>pixel</i> e aumenta para o limite de 1 da contiguidade da mancha, ou conexão, aumenta. Nota, 1 é subtraído tanto o numerador e denominador para confinar o índice para um intervalo de 1. |
| <i>Comentário</i> | O índice de contiguidade avalia a conexão espacial, ou contiguidade, de células dentro de uma grelha da mancha da célula para fornecer um índice da configuração do limite da mancha e assim a forma da mancha (LaGro 1991). |

Agregação *Aggregation*

| ENM – Distância Euclidiana ao Vizinho mais Próximo <i>Euclidean Nearest Neighbor Distance</i> | |
|--|--|
| <i>Fórmula</i> | $ENM = h_{ij}$ h_{ij} = distância (m) a partir da mancha <i>ij</i> para vizinho mais próximo do mesmo tipo de mancha (classe), com base na distância orla a orla da mancha, calculada a partir do centro da célula para o centro da célula. |
| <i>Descrição</i> | ENM é igual à distância (m) para o vizinho mais próximo do mesmo tipo de mancha, com base na distância mais curta orla a orla. Note-se que as distâncias de orla a orla são do centro da célula para o centro da célula. |
| <i>Unidade</i> | Metros |
| <i>Intervalo</i> | ENM > 0, sem limites. |
| | ENM aproxima-se de zero como a distância ao vizinho mais próximo diminui. O ENM mínimo é limitado pelo tamanho da célula, e é igual a duas vezes o tamanho da célula quando a regra de 8 vizinhos da mancha é usada ou a distância entre vizinhos diagonais quando a regra de 4 vizinhos é usada. O limite superior é limitado pela extensão da paisagem. ENM é indefinido e relatado como “N/A” in the “ <i>basename</i> ”. <i>patch file</i> se a mancha não tem vizinhos (isto é, não há outras manchas da mesma classe). |
| <i>Comentário</i> | A distância euclidiana ao vizinho mais próximo é talvez a medida mais simples de contexto da mancha e tem sido utilizada amplamente para quantificar o isolamento da mancha. Aqui, distância vizinho mais próximo é definida usando simples geometria euclidiana como a distância em linha reta mais curta entre a mancha focal e seu vizinho mais próximo da mesma classe. |